

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzické geografie a geoekologie



Vojtěch VALTR

Zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických
podmínek v CHKO Křivoklátsko

*The relationship between plant diversity and diversity of
abiotic conditions in Křivoklátsko PLA*

Bakalářská práce

Praha 2011

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 19. 5. 2011

Podpis:

Tímto bych chtěl vyjádřit poděkování svému vedoucímu práce RNDr. Tomáši Chumanovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a trpělivost při zpracování této bakalářské práce.

Zadání bakalářské práce

Název práce

Zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek v CHKO Křivoklátsko

(The relationship between plant diversity and diversity of abiotic conditions in Křivoklátsko PLA)

Cíle práce

Stručná definice hlavního a případných dílčích cílů práce v rozsahu maximálně 3 řádky textu

- rešerše literatury – biodiverzita a faktory ji ovlivňující
- zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek v CHKO Křivoklátsko

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Výčet základních metodických přístupů, použitých pro úspěšné naplnění cílů, vymezení zájmového území, případně stanovení hlavních datových zdrojů, v rozsahu maximálně 10 řádek textu.

Těžiště bakalářské práce bude spočívat v rešerši literatury zaměřené na biodiverzitu a faktory biodiverzitu ovlivňující. V modelovém území CHKO Křivoklátsko pak bude zhodnocen vztah diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek.

Data: Flóra Křivoklátska, topografické mapy, geologická mapa ČR, pedologická mapa ČR

Datum zadání:

Jméno studenta: Vojtěch Valtr

Podpis studenta:.....

Jméno vedoucího práce: RNDr. Tomáš Chuman, Ph.D.

Podpis vedoucího práce:

Zhodnocení vztahu diverzity rostlin a diverzity abiotických podmínek v CHKO Křivoklátsko

Abstrakt

Na život a rozmístění rostlin mají vliv abiotické, tedy neživé přírodní podmínky. V této práci se zabývám vlivem jednotlivých částí neživé přírody na diverzitu rostlin. Nejprve popisuji vliv jednotlivých fyzicko-geografických faktorů. Těmi faktory jsou klima, půda, reliéf, disturbance a ekofenomény. V druhé části práce se dozvíme o vlivu gradientů biodiverzity. Řadí se sem rozloha a odlehlost biotopů čili ostrovní fenomén, dále gradient nadmořské výšky a zeměpisné šířky. V další části se seznámíme s lokalitou, kde hodnotím vztah nadmořské výšky, sklonitosti svahů a orientace vůči světovým stranám s počtem druhů rostlin. V CHKO Křivoklátsko se nachází 1 543 druhů cévnatých rostlin. Pomocí jejich rozložení v oblasti jsem zjistil, že největší diverzita vegetace je v údolích vodních toků, zejména v údolích řeky Berounky. Výsledky jasně ukazují, že největší diverzita cévnatých rostlin je tedy v hlubokých údolích díky vlivu říčního fenoménu. Největší vliv na diverzitu rostlin má nadmořská výška. Ostatní dva faktory neovlivňují diverzitu tak velkou měrou jako právě uvedený.

The relationship between plant diversity and diversity of abiotic conditions in Křivoklátsko PLA

Abstract

The relation between plants and abiotic conditions has a great influence for their lives and distribution. In first part I describe influence of individual physical-geographic factors on plant diversity and distribution. These are climate, soils, relief, disturbances and ecophenomenons. In second part we learn about biodiversity gradients. These are size and remoteness of habitats thus island phenomenon, altitudinal gradient and latitudinal gradient. In the next part, I present a place, where I evaluate relation between plant diversity and altitude, slope and exposition. In Křivoklátsko PLA there is 1 543 species of vascular plants. With their distribution in area I found out the highest diversity is in the rivers and creek valleys, especially in Berounka valley. The results clearly say the diversity of vascular plant is in the deep valleys because of river phenomenon. The biggest influence on vascular plant has altitude. Two remains factors don't influence plant diversity as altitude.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Fyzicko-geografické faktory ovlivňující diverzitu rostlin	9
2.1. Klima	10
2.1.1 Chemické a fyzikální vlivy atmosféry	11
2.1.2. Větr a jeho vliv na rostlinná společenstva	11
2.1.3. Vliv tepla.....	12
2.1.4. Radiační režim	13
2.1.5. Voda.....	13
2.2. Půda	14
2.3. Reliéf	15
2.4. Disturbance	15
2.5. Ekofenomény.....	16
3. Gradienty biodiverzity.....	17
3.1. Rozloha a odlehlost biotopů (Ostrovní fenomén)	17
3.2. Gradient zeměpisné šířky	18
3.3. Gradient nadmořské výšky.....	20
4. Vymezení a stručná fyzicko-geografická charakteristika CHKO Křivoklátska.....	22
4.1. Geologie	23
4.2. Geomorfologie	23
4.3. Hydrologie	24
4.4. Klima	25
4.5. Půdy	26
4.6. Vegetace	27
5. Metodika zpracování dat	29
6. Výsledky.....	30
6.1. Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na nadmořské výšce v CHKO Křivoklátsko	34

6.2. Vztah proměnlivosti orientace svahů a počtu druhů cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko	36
6.3. Vliv sklonitosti na diverzitu cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko	37
7. Diskuze	39
8. Závěr	40
Seznam použité literatury:	41

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Cévnaté rostliny v CHKO Křivoklátsko.....	30
--	----

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na nadmořské výšce v CHKO Křivoklátsko	34
Graf č. 2: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na členitosti reliéfu vyjádřeném pomocí směrodatné odchylky nadmořské výšky.....	35
Graf č. 3: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na expozici v CHKO Křivoklátsko.....	36
Graf č. 4: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na průměrné sklonitosti reliéfu v CHKO Křivoklátsko.....	38

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Diverzita cévnatých rostlin ve světě	10
Obr. č. 2: Vztah rozlohy a počtu druhů	18
Obr. č. 3: Gradient zeměpisné šířky	20
Obr. č. 4: Gradient nadmořské výšky	21
Obr. č. 5: Poloha CHKO v ČR	22
Obr. č. 6: Geologická stavba CHKO Křivoklátsko	23
Obr. č. 7: Geomorfologická struktura CHKO Křivoklátsko	24
Obr. č. 8: Klimatické regiony CHKO Křivoklátsko	26
Obr. č. 9: Půdy v CHKO Křivoklátsko	27
Obr. č. 10: Digitální model reliéfu v CHKO Křivoklátsko	31
Obr. č. 11: Sklonitost svahů v CHKO Křivoklátsko	31
Obr. č. 12: Diverzita rostlin v CHKO Křivoklátsko	33
Obr. č. 13: Průměrná nadmořská výška ve čtvercích v CHKO Křivoklátsko	35
Obr. č. 14: Počet směrů orientace v CHKO Křivoklátsko	37
Obr. č. 15: Průměrná sklonitost ve čtvercích v CHKO Křivoklátsko	38

1. Úvod

Poznání je jednou z předních schopností lidstva. Co se týče živých druhů, je velmi důležité je všechny poznat a zaznamenat jejich vlastnosti a schopnosti. Když hovoříme o biodiverzitě, základním předpokladem je znát veškeré druhy, abychom mohli s pojmem biodiverzita nadále pracovat. Poznání všech druhů nám umožní zkoumat jejich vývoj, sledovat jejich evoluci, zjistit jejich roli v ekosystémech a v neposlední řadě lze posuzovat jejich možné ohrožení či vymření. Udržení biodiverzity, tedy rozmanitosti živé přírody, se v dnešní době věnuje stále více pozornosti. Při studiu faktorů, které biodiverzitu ovlivňují, se dává velký význam na hodnocení neživé přírody, abiotických podmínek. Ty ve své podstatě jsou základním určujícím prvkem pro další život. Zejména jedná-li se o reliéf, poznání mechanismů, díky kterým tvary reliéfu ovlivňují živou přírodu, může mít výrazný dopad na péči o biodiverzitu, určení míst, která se mají stát chráněnými lokalitami a podobně.

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko je z hlediska České republiky významnou lokalitou ochrany přírody. Díky relativně malému osídlení zejména z historických důvodů je zde převážná část prostor málo ovlivněná člověkem a jeho činností. Ota Pavel ve své povídce Smrt krásných srnců obdivuje přírodu a krajinu Křivoklátska a přirovnává jí ke krásné zahradě či zámeckému parku. Celková ochrana území v podobě CHKO, soustavy NATURA 2000 a jiných menších prvků ochrany krajiny a přírody je velmi důležitá pro zachování druhové bohatosti, rozmanitosti a vůbec charakteru krajiny jako celku.

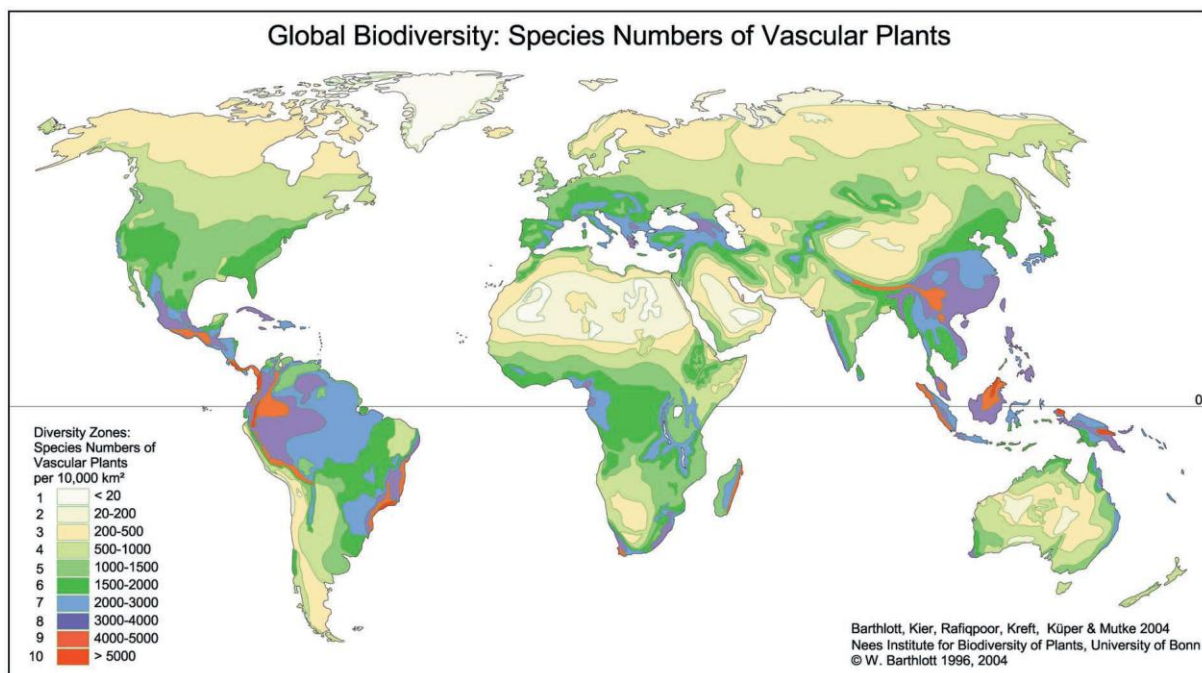
Celková pestrost fauny a flory v této oblasti je ovlivněna mnoha přírodními činiteli, jejichž obecnému vlivu na faunu a zejména floru se budu věnovat v první části této práce. Ve druhé části práce se seznámíme detailněji s celým územím CHKO Křivoklátsko skrze fyzicko-geografickou charakteristiku území a také s vegetací, která se zde nachází. Ve třetí a poslední části pak srovnám vliv nadmořské výšky, orientace a sklonitosti svahů na druhovou rozmanitost cévnatých rostlin v této malebné krajině.

2. Fyzicko-geografické faktory ovlivňující diverzitu rostlin

Diverzitu organismů ovlivňuje mnoho faktorů abiotických, biotických a také historický i současný vliv člověka. Na bohatství druhů má rovněž vliv odlišný vývoj v geologické a klimatické historii, jako jsou tektonické pohyby, výzdvih horských masivů, dlouhodobá stabilita klimatu nebo pleistocénní ochlazení a sucho (Kreft 2007). Pokud hodnotíme diverzitu rostlin v regionální či lokálním měřítku (alfa a beta diverzita), ovlivňují ji na jedné straně abiotické podmínky, které jsou v mnoha studiích (Sharples 1993, Ward & Brownlee 2000, Weber et al. 2006) shrnovány pod termín geodiverzita, jak napsal Gray (2004, 2008), a nejrůznější typy disturbancí. Termín geodiverzita zahrnuje celou paletu pozemských jevů, mezi které jsou zahrnuty geologické, geomorfologické, paleontologické, půdní, hydrologické i atmosférické prvky, systémy a procesy. Tento soubor abiotických faktorů je základ, který určuje možnosti vývoje a rozvoje živé přírody (Australian Natural Heritage Charter 1997).

Termín geodiverzita se začal používat v mnoha oborech a oblastech lidského života, při ochraně přírody, při těžbě nerostných surovin či při územním plánování. V knize Geodiverzita (Gray 2004), se autor pokusil shrnout základní teoretické pohledy na geodiverzitu, nicméně dnes už existuje mnoho dalších a nových teoretických náhledů, které prohlubují již dříve nabyté znalosti a zkušenosti. Mezi nové přístupy patří například snaha identifikovat „hot spots“ geodiverzity, podobně jako u biodiverzity (Trewin 2001).

Diverzita cévnatých rostlin je ve vztahu s různými měřítky geodiverzity (Mutke & Barthlott 2005). Nejvíce druhů cévnatých rostlin se nachází v tropických Andách, v Kostarice, na východním pobřeží Brazílie, na Sumatře, Borneu, Nový Guinei, v jižní Africe, ve východních Himálajích a na východě Madagaskaru (Obr. č. 1). To koresponduje s vysoce strukturovanou geodiverzitou tropických a subtropických oblastí (Mutke & Barthlott 2005).



Obr. č. 1: Diverzita cévnatých rostlin ve světě

Zdroj: Mutke, J. & Barthlott, W. (2005)

Mezi nevýznamnější faktory, souhrnně označované termínem geodiverzita, ovlivňující diverzitu rostlin na Zemi patří klima, reliéf a půda (Burnett et al. 1998).

2.1. Klima

Klimatické faktory ovlivňují rozšíření a diverzitu rostlin na různých prostorových škálách. Makroklima je ovlivněno zeměpisnou polohou, vzdáleností od moře, nadmořskou výškou a převládajícími větry. Tyto ukazatele podmiňují rozšíření rozsáhlých ekosystémů – biomů. Na úrovních mezoklimatu se projevuje místní cirkulační systém, různé orientace svahů, orografické celky a také lidská činnost. Na mikroklimatické úrovni se projevují vlivy cirkulačních prvků s jakoukoliv polohou osy vzdušných vírů. Tato odchylka je vyvolána blízkostí meteorologicky aktivního povrchu a je ovlivňována jeho charakterem (Vysoudil 2006). Nejvíce ovlivňuje mikroklima homogenní aktivní povrch, jako je les, vodní plocha, holá půda či mikrotvary reliéfu (Vysoudil 2006).

Proměnlivost mezo- a mikroklimatu v čase, zapříčiněná výše uvedenými faktory, má výrazný vliv na rozmanitost života na regionální a lokální úrovni. Různým sezónním výkyvům se živočichové a rostliny dokáží přizpůsobit, jako například jednoleté byliny mírného pásu, které přežívají nepříznivé teplotní období v podobě

semen. Lze tedy předpokládat, že v sezonním prostředí bude spolu koexistovat více druhů než v prostředí zcela konstantním (Townsend 2010). Lze říci (MacArthur 1972), že ve stabilním prostředí mohou být úzce specializované druhy, které by jinde nepřežili. Podle stejné studie MacArthura (1972) je také možné, že ve stabilnějším prostředí lze nalézt populace, které budou kompetičně silné, a díky této silné kompetici budou druhy postupně zanikat. Další studie MacArthura (1975), tentokrát zaměřená na území mezi Panamou a jižní Aljaškou napovídá, že druhové bohatství roste se stabilitou klimatu. Nicméně je nutné zvážit i fakt, že mezi Panamou a Aljaškou se mění daleko více faktorů než jen klima a nelze tudíž říct, že jde o zcela akceptovatelný vztah (Townsend et al. 2010). Navíc podle Fielda (2009) vliv klimatu je výraznější na pevnině než na ostrovech.

Velmi důležité pro rozšíření a diverzitu rostlin jsou jednotlivé meteorologické a klimatické ukazatele, jako je stav ovzduší, vítr, teplo, světlo a voda.

2.1.1 Chemické a fyzikální vlivy atmosféry

Složení atmosféry je na celé planetě stejné, 78 % dusíku, 21 % kyslíku, 0,9 % argonu, 0,03 % oxidu uhličitého a stopové množství dalších plynů (Moravec et al. 1994). Dusík, kyslík a oxid uhličitý jsou nezbytné pro veškerý život a podle Kliky (1948) je velmi významný oxid uhličitý, neboť představuje až na výjimky jediný zdroj uhlíku pro rostliny. Oxid siřičitý, uhelnatý, dusíkaté sloučeniny a organické látky produkované člověkem při jeho činnosti se projevují v ovzduší a na vegetaci působí vesměs škodlivě (Moravec et al. 1994).

2.1.2. Vítr a jeho vliv na rostlinná společenstva

Pohyb vzduchu působí na vegetaci dvěma způsoby. Mechanicky a fyziologicky, přičemž se většinou jedná o kombinaci těchto dvou způsobů.

Mechanická síla větru může vyvolat velmi vážné narušení vegetace, na druhou stranu se některé rostliny pomocí větru šíří (anemochorie) a tedy proudění vzduchu je pro jejich přežití nezbytné. Tento vliv se uplatňuje hlavně v oblastech s převládajícími směry větru s vyšší rychlostí například v horách nebo při pobřeží (Moravec et al. 1994). Tímto vlivem nabývají stromy na těchto exponovaných místech zvláštních podob. Koruny stromů se asymetricky protahují ve směru větru, při nárazových větrech se větve stromů zakřivují ve směru větrů, na hřebenech vznikají větrné formy stromů, kdy větve na návětrné straně odumírají a na závětrné se prodlužují (Klika 1948). Stromy

mají vůči větru různou odolnost, zejména díky kořenovému systému. Jehličnaté stromy zpravidla mají mělký kořenový systém a jsou více náchylné k vývrátům než stromy listnaté. Další mechanické poškození vegetace může nastávat, pakliže vítr unáší drobné částičky prachu či krystalky ledu. To má za následek obrušování a poškození orgánů rostlin (Moravec et al. 1994). Mezi fyziologické vlivy větru patří zvýšení výparu, který se zvyšuje se silou větru (Klika 1948). To je nebezpečné pro rostliny zejména v předjaří, kdy nemůže být ztráta vody kompenzována příjmem z dosud zmrzlé půdy.

Na směr a rychlost větru má velký dopad tvar reliéfu, který výrazně usměrňuje směr větru a upravuje jeho rychlost. V oblastech se sněhovou pokrývkou vítr přenáší sněhové masy a hromadí je na závětrných svazích. Díky převládajícím směrům se zde mohou vytvářet anemo-orografické systémy, v nichž rozložení sněhových mas hraje významnou roli v rozmístění společenstev (Jeník 1961). Nejvýznamnějším důsledkem těchto systémů je zvýšené ukládání eolických sedimentů nad závětrnými svahy.

2.1.3. Vliv tepla

Zdrojem tepla je sluneční záření dopadající na povrch Země. Rozšíření druhů je dáno teplotními hranicemi, ve kterých ještě dokáže organismus přežít, pokud je teplota vyšší či nižší tak přežití není možné.

Teplotní režim ovlivňuje rostlinná společenstva spíše svými extrémy než ročním průměrem, (Moravec et al. 1994). Vliv minimálních teplot na rostliny je závislý jednak na ročním období a jednak také na délce trvání nízkých teplot. Nízké teploty jsou daleko nebezpečnější na jaře, kdy rostlinám začíná vegetační období, než v zimě, kdy je jejich činnost utlumena a jsou způsobené na přežití nízkých teplot (Moravec et al. 1994). Některé druhy mohou přežívat i teploty několik desítek stupňů pod bodem mrazu, zatímco v tropech některé druhy hynou při teplotě +5°C (Moravec et al. 1994). Tyto rozdíly jsou způsobené přizpůsobením se rostlin ke svému prostředí dlouhodobým vývojem – evolucí. Vysoké teploty mají menší nebezpečnost než teploty nízké. Řada rostlin (termofyty) je jim přizpůsobena například malými listy či jejich absencí (Moravec et al. 1994). Vysoké teploty jsou nebezpečnější spíše nepřímo, a sice zvýšením transpirace, která může vést až k uhynutí rostlin.

2.1.4. Radiační režim

Sluneční záření je nejintenzivnější v oblasti viditelného světla, ovšem pro rostliny má také velký význam záření infračervené díky přenosu tepla (Moravec et al. 1994). Význam pro rostliny nemá jen světlo přímé, ale také světlo rozptýlené v atmosféře (Klika 1948). Rostliny mají různé požadavky na světlo. Můžeme rozlišit rostliny, které jsou světlomilné (heliofyty) a rostou na otevřených stanovištích. Jsou tu také rostliny, které rostou pouze na zastíněných místech (sciofyty), například v dolních patrech lesa. Nakonec je zde také kombinace těchto dvou typů, heliosciofyty, kterým nevadí ani zastínění ani přímé sluneční světlo (Klika 1948). Intenzita dopadajícího světelného záření je proměnlivá s nadmořskou výškou, dále je ovlivněno oblačností a i světelná intenzita je ovlivněna druhem porostu, zejména jedná-li se o listnatý či jehličnatý les, který výrazně redukuje množství záření procházející až do spodních bylinných pater (Moravec et al. 1994).

2.1.5. Voda

Pro každý živý organismus i pro rostliny je voda rozhodující ukazatel rozšíření. Nejdůležitějším a mnohdy jediným zdrojem vody pro vegetaci jsou atmosférické srážky (Moravec et al. 1994).

Pro vegetaci není nejdůležitější množství srážek, mimo extrémů, kdy 100 mm/rok podmiňuje poušť a 3 000 mm/rok určuje deštný les, ale jejich rozložení během roku. Velmi nebezpečný je nedostatek vody v květnu a červnu, kdy se tvoří zásobní látky rostlin (Klika 1948). Pro každý typ vegetace je přínosnější jiný druh deště. Prudké deště jsou lepší pro lesy, neboť voda pronikne skrz koruny stromů k dolním patřům lesa lépe než při mírných deštích (Klika 1948).

Sníh není přímým zdrojem vody pro rostliny, nýbrž je jeho zásobárnou (Moravec et al. 1994). Vliv sněhu na rostliny lze rozdělit na příznivý a negativní. Sněhová pokrývka díky svým vlastnostem zadržuje teplo v půdě, chrání pupeny a letorosty před vyschnutím a chladem (Klika 1948). Negativně se sníh projevuje svojí váhou, kdy může způsobit vážné poškození rostliny a jejího společenstva (Moravec et al. 1994). Na prudkých svazích může docházet k lavinám, které zpravidla smetou veškerou vzrostlou vegetaci mimo poléhavých keřů. Proto lavinové dráhy umožňují sestup některých alpských společenstev do lesního stupně (Jeník 1961). Vznikají tím disturbance, které podporují kompetiční soupeření mezi druhy, a může se tedy zvyšovat diverzita vegetace.

2.2. Půda

Půda ovlivňuje výskyt jednotlivých rostlin svými vlastnostmi, které získává z horninového podkladu, na kterém se vytvořila, dále jí ovlivňuje klima a v neposlední řadě také organismy v ní žijící (Klika 1948). Většina rostlin přijímá vodu jedinečně z půdy (Klika 1948). Hloubka půdy, ze které jsou rostliny schopné brát vodu, závisí převážně na jejich kořenovém systému, tedy hloubce, do jaké jsou kořeny schopné dorůst. Velmi důležité jsou fyzikální vlastnosti půdy, zejména pórovitost, která umožňuje proudění a prosakování vody půdou ke kořenům a také osmotický tlak, díky kterému jsou schopné rostliny vodu nasát do svých orgánů a využít.

Z fyzikálních vlastností mají na rozšíření a druhové složení rostlin vliv textura půdy a vodní režim. Podle závislosti na vodním režimu se rozdělují rostliny a společenstva na hygrofilní, mezofilní a xerofilní (Moravec et al. 1994). Rostliny také velice ovlivňuje hladina podzemní vody, která je velmi důležitá pro zásobování rostlin vodou. Její hladinu mimo jiné ovlivňuje právě textura půdy. Ta také ovlivňuje provzdušnění a to přímo svými extrémními typy, jako jsou půdy písčité či jílovité.

Velmi dobrým ukazatelem vlastností půdy je pH, které nám udává kyselost půd. Hranice snesitelné acidity u různých druhů jsou různé. Vápencomilné rostliny vyhledávají půdy alkalické, naopak rostliny vápencobojné jsou acidofilní, žijí v kyselých půdách (Klika 1948). Podle Pärtela (2004) je vztah mezi pH půd v evolučním centru a diverzitou rostlin závislý na zeměpisné šířce. V nízkých šířkách blízko rovníku je tento vztah většinou negativní a ve vyšších zeměpisných šířkách se tato závislost prohlubuje.

Negativní vliv na půdy a na život rostlin vůbec má acidifikace půdy, která se děje především prostřednictvím tzv. kyselých dešťů a používáním pesticidů. U pesticidů se stává, že postupně se škůdci přizpůsobí, získají odolnost vůči těmto látkám a je potřeba jejich daleko větší množství ke kýženému výsledku, a sice k likvidaci škůdců (Townsend et al. 2010). Díky průmyslovým hnojivům se do půdy dostává také velké množství sloučenin, které díky nepřítomnosti organických částic způsobují „hladovění“ zooedafonu a degradaci půdy a tím ovlivňují nepříznivě vegetaci (Moravec et al. 1994).

2.3. Reliéf

Tvary reliéfu jsou výsledkem působení endogenních a exogenních sil v čase na strukturu povrchu. Tvary reliéfu, které například nejvíce ovlivňují rozmístění vegetace na Křivoklátsku, jsou plošiny, vrcholy, hřbety, skalnaté hřebeny, deprese a různé tvary údolí – zaříznutá, kaňonovitá údolí, úzké rokle a strže, širší úvalovitá údolí a údolí jednostranně vyvinutá (Kolbek et al. 1997). U svahů je důležitý jejich tvar, průběh, sklon a orientace na světovou stranu. Podle Nicholse (1998) má sklon svahu a jeho orientace výrazný vliv na druhovou bohatost stromů, naopak u ostatních druhů rostlin tyto dva elementy nemají tak velký vliv. Velmi výrazný vliv na diverzitu rostlin má reliéf skrze ovlivňování mikroklima. Nejvíce se v tomto ovlivňování projevují prudké svahy, kde se nevytvoří půda a roste zde velmi málo rostlin a hluboká údolí, kde může být velká druhová rozmanitost, která se ovšem liší od okolí. Důležitý faktor výrazně ovlivňující živou přírodu těchto typů údolí je výrazný mikroklimatický kontrast mezi chladnými severními a výslunnými jižními svahy (Zelený 2008). Významné pro diverzitu a bohatost vegetace jsou sklonitost svahů a také odvodnění či celkově obsah vody v půdě (Burnett et al. 1998).

2.4. Disturbance

Kromě abiotických faktorů jsou velmi důležité také disturbance. Jsou to události, které narušují krajinu a jsou primárními příčinami prostorové heterogenity v ekosystému. Ovlivňují složení a strukturu ekosystému, kompetici a přírodní prostředí, substrát a dostupnost zdrojů živin pro cévnaté rostliny (Langhans et al. 2010). Mohou způsobovat zvýšení albeda půd, snížení schopnosti retence vody, snižovat rychlost rozkladu v půdách či způsobit menší příjem uhlíku a dusíku do půdy (Barger et al. 2006).

Mezi disturbanční činitele patří srážky, zejména jejich extrémy, které mohou způsobit podmáčení terénu a sesuv půdy, požár, zasypání sopečným popelem, vývraty a polomy způsobené větrnou smrští (Moravec et al. 1994). Významný je také pád lavin, který smete mimo poléhavé keře naprosto veškerou vegetaci (Jeník 1961). To například způsobí zavlčení některých alpínských společenstev do lesního stupně.

Disturbance jsou velmi významné z hlediska bohatosti vegetace. Neustále vyvolávají situace, při kterých se do inkriminovaného místa pokusí dostat nové druhy a v konkurenci se nějakým způsobem prosadit a usadit. Vliv disturbancí na společenstva může být různý. Podle Connella (1978) je nejvyšší druhové bohatství ve

společenstvech, kde je míra disturbancí středně velká, tedy že disturbance se neobjevují příliš často ani ojediněle. Jeho výzkum se původně zabíral pouze tropickými oblastmi a korálovými útesy, ale jak se tato hypotéza stala podporovanou, výzkum se rozšířil i do jiných oblastí, například do Kalifornie (Sousa 1979).

2.5. Ekofenomény

Jak již bylo uvedeno výše, vegetace je velice ovlivněna reliéfem a jeho vlastnostmi, jako je nadmořská výška, orientace svahu, sklonitost či povrchové tvary. Ty za určitých podmínek při společném působení mohou vytvářet na regionální úrovni podmínky výrazně odlišné od okolního prostředí. Takovým úkazům se začalo říkat ekofenomén (Ložek 1988, 2000, Kučera et al. 1996). Tento pojem označuje charakteristický soubor stanovišť a procesů s typickou faunou a flórou podmíněný geologickým, hydrologickými, klimatickými poměry a reliéfem (Ložek 1988). Ekofenomén se tedy odlišuje výrazně od okolní krajiny a jeho projevy mají ostrovní charakter (Kučera 1997). Ekofenoménů je celá řada, jejich rozlišení je podmíněno horninami a jejich vlastnostmi (pískovcový, krasový, slínovcový a neovulkanický fenomén), dále rozpadem a úživností hornin (neovulkanický, hadcový, sprašový a suťový fenomén) a fenomény podmíněné erozní činností vody, klimatem a vzdušným prouděním (říční, údolní, vrcholový, karový, suťový a fenomén mrazových kotlin) (Kučera 1997).

3. Gradienty biodiverzity

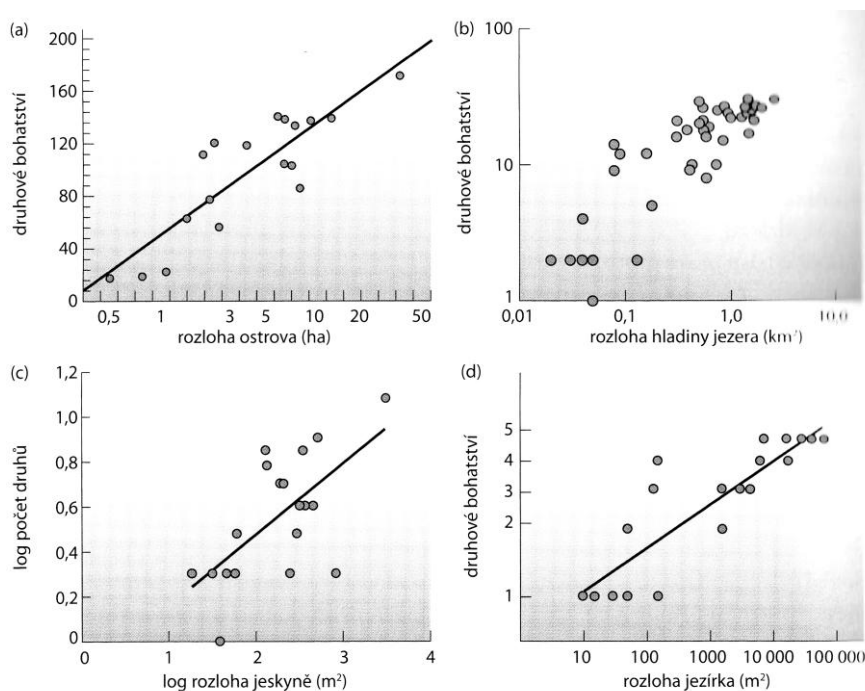
Rozložení diverzity rostlin na Zemi vykazuje určité zákonitosti. Lze identifikovat několik hlavních činitelů, kteří tuto rozmanitost z globálního hlediska ovlivňují (Townsend et al. 2010). Jedná se o diverzitu v závislosti na rozloze a odlehlosti biotopů, dále pak na rozšíření druhů podle nadmořské výšky a zeměpisné šířky. Tyto tři zákonitosti znatelně ovlivňují druhovou rozmanitost veškerého života na Zemi.

3.1. Rozloha a odlehlost biotopů (Ostrovní fenomén)

Z hlediska druhové rozmanitosti jsou ostrovy velikým unikátem na Zemi. Vztah mezi rozlohou habitatů a druhovým bohatstvím je jedna ze základních premis v ekologii (Townsend et al. 2010). Čím větší je prostor, tím větší by měla být druhová rozmanitost díky většímu počtu habitatů. MacArthur a Wilson (1967) přišli s rovnovážnou teorií ostrovní biogeografie, podle které hraje velkou roli izolovanost sama o sobě a že počet druhů na ostrově je dán rovnováhou mezi imigrací a vymíráním. Tato rovnováha je dynamická, druhy neustále vymírají a jsou nahrazovány buď těmi samými pomocí imigrace, nebo jinými druhy. Rychlost imigrace a vymírání závisí především na velikosti ostrova a jeho odlehlosti (Obr. č. 2). Samotná druhová rozmanitost mezi jednotlivými ostrovy se značně liší, zejména v závislosti na jejich velikosti, a sice že větší ostrovy jsou více rozmanité než malé. U malých ostrovů to může být umocněno ještě tím, že jsou velmi vzdálené od okolních pevnin (Townsend et al. 2010). V průběhu kolonizace ostrovů také některé druhy v důsledku silné kompetice či predace nově příchozích druhů vymírají (Prach et al. 2009). Celý průběh kolonizace ostrovů, který zpracovali MacArthur a Wilson, je jednou z mála teorií v ekologii, který byl matematicky formulován.

Co se týče tohoto fenoménu, v mnohých případech na odlehlých ostrovech můžeme nalézt endemické druhy, které se vyvíjeli samostatně v dlouhé izolaci. Mimo to zde můžeme také pozorovat jevy, které se nazývají ostrovní gigantismus a nanismus. Výrazné zvětšení organismu po vyvázání se z předchozích kompetičně-predačních vztahů, respektive zmenšení při výskytu neznámého predátora či jiného prvku, který život ohrožuje (Prach et al. 2009). Nanismus můžeme například nalézt u přesliček či kapradin, které byly ještě v druhohorách vzrostlými stromy, avšak po nástupu nových druhů postupně zakrtněly a jsou dnes velké jako byliny.

Slovo „ostrov“ lze v tomto případě interpretovat také jinak než pouze jako ostrov pevniny v moři či oceánu. Například vnitrozemská jezera jsou ostrovy vody uprostřed pevniny, vrcholky hor jsou osamocené mezi nížinami. Stejně tak lze odlišit ostrovy s určitým geologickým podložím, půdními a vegetačními typy, které jsou obklopené masou odlišných geologických, půdních či vegetačních podmínek (Townsend et al. 2010).



Obr. č. 2: Vztah rozlohy a počtu druhů.

a) Rostliny na malých ostrovech u východního Švédska v roce 1999. b) Ptáci žijící u švédských jezer. c) Netopýři žijící ve velkých mexických jeskyních. (d) Ryby žijící v australských pouštních jezírkách.
Zdroj: Townsend et al. 2010

3.2. Gradient zeměpisné šířky

Mezi nejznámější trendy druhové rozmanitosti patří nárůst počtu druhů od pólů k rovníku. Ten lze pozorovat téměř u všech skupin živých organismů, například u stromů, savců, motýlů či mořských bezobratlých (Obr. č. 3) (Townsend et al. 2010). Tento trend je navíc znám z různých habitatů, mořských, sladkovodních i suchozemských a existuje pro něj řada vysvětlení, ovšem žádné z nich není dokonalé.

Bohatství tropických společenstev může být způsobeno větší mírou predace a větší specializací predátorů. Intenzivnější predace může snížit význam mezidruhové

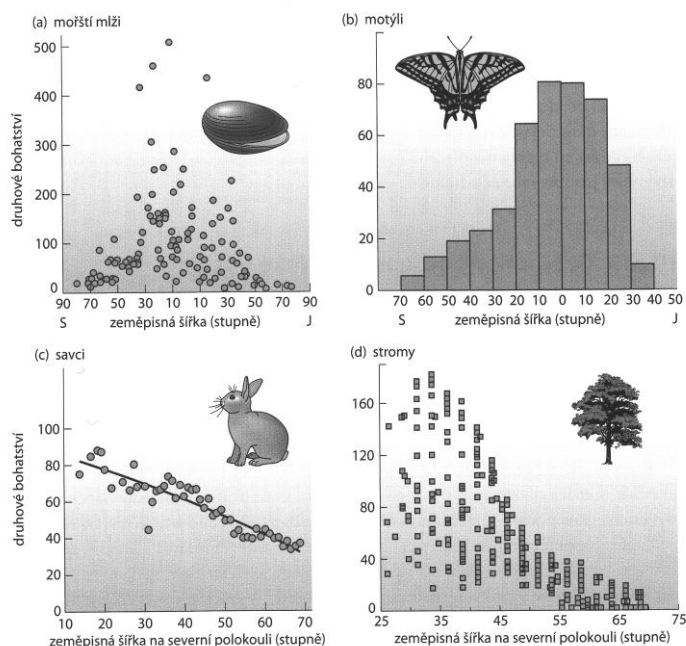
kompetice a tudíž i větší překrytí nik a větší počet druhů. Ovšem toto vysvětlení si neumí poradit zejména s vysokým počtem druhů predátorů.

Jiné vysvětlení říká, že druhové bohatství souvisí s produktivitou, tedy s množstvím světla a tepla (Whittaker et al. 2003). V tropech je více světla a tepla tyto dva faktory mohou souviset s vyšším druhovým bohatstvím. Mimo to existují i případy, kdy více tepla a světla znamená menší počet druhů (Townsend et al. 2010). Produktivitu rostlin mimo těchto dvou faktorů ovlivňuje také zejména množství vody a obsah živin v půdách, kde je známo, že v tropech jsou půdy celkově chudší než v mírném pásu. Teplota, světlo a vodní režim zvyšují celkový objem biomasy, ne nutně druhové bohatství.

Někteří vědci se snaží vysvětlit druhovou rozmanitost pomocí klimatu. V tropech je obecně klima méně sezónní než v mírných šířkách, tedy svojí stálostí umožňuje větší druhovou specializaci (Townsend et al. 2010). Wright a spoluautoři (2006) tvrdí, že druhové bohatství tropů ve srovnání s mírným pásem tkví také v tom, že se druhy v tropech vyvíjejí daleko rychleji. Toto tvrzení založil na srovnání evoluce mezi dvojicemi příbuzných druhů dřevin, kdy jeden z druhů pocházel z tropů a druhý z oblasti mírného pásu. Na základě zkoumání DNA zjistil, že rychlost evoluce je u tropických druhů dvakrát vyšší než u druhů mírného pásu.

Rychlost evoluce může být v tropech také umocněna tím, že je zde malá míra vyhynutí druhů. Tropy tedy mohou také sloužit jako jakési muzea diverzity (Chown & Gaston 2000). Tato teorie sice snižuje efekt specializace na určité velikostní rovině a také na odolnosti jednotlivých druhů, nicméně tuto teorii podporuje například Stebbins (1974). Paradoxně tato situace může být příčinou také pro vysoké hodnoty vymřelých nezaznamenaných druhů, evolučního stárnutí či absenci evolučního vývoje v určité taxonomické skupině (Chown & Gaston 2000).

Je možné, že se podle gradientu zeměpisné šířky uplatňuje více mechanismů najednou a dozajista se protínají s opačnými vlivy, jako jsou izolace a odlehlost. Ve výsledku to znamená, že zatím není zcela jasné, co ovlivňuje gradient zeměpisné šířky. Navržené teorie nejsou totiž dotažené do konce a obsahují řadu nejasností (Townsend et al. 2010).



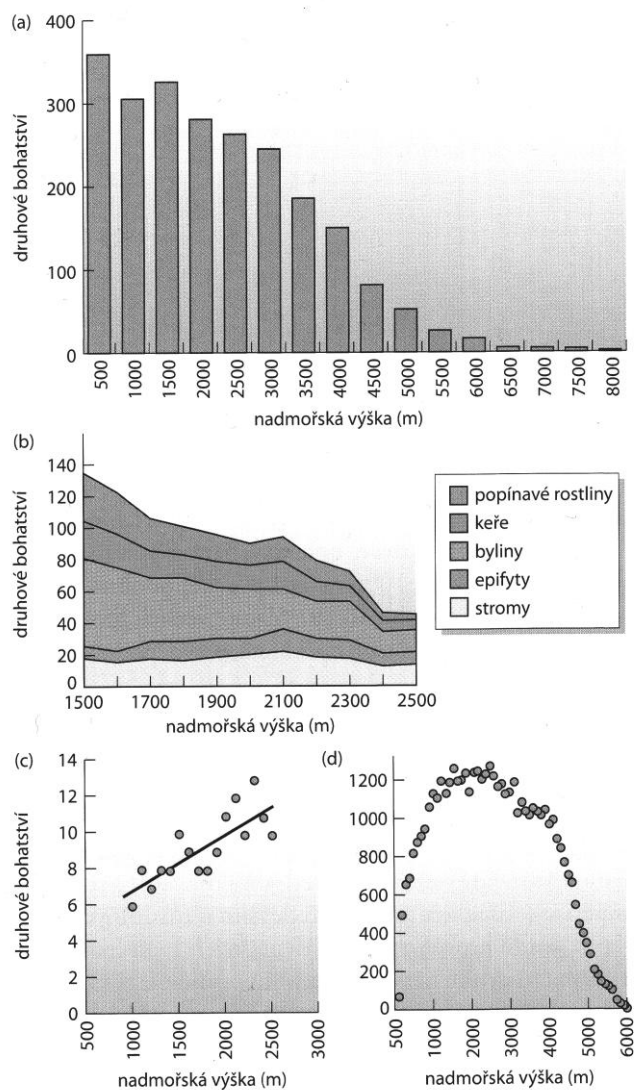
Obr. č. 3: Gradient zeměpisné šířky.

a) gradient druhového bohatství mořských mlžů, b) gradient druhové diverzity motýlů, c) gradient druhové diverzity savců, d) gradient druhového bohatství u stromů

Zdroj: Townsend et al. 2010

3.3. Gradient nadmořské výšky

Pokles druhové rozmanitosti se stoupající nadmořskou výškou je často pozorován a uváděn analogicky k poklesu se vzrůstající zeměpisnou šířkou (Obr. č. 4). Zde samozřejmě existují rozpory, a zhruba polovina všech studií udává nejprve nárůst druhů s vyšší nadmořskou výškou a následně pak pokles – unimodální vztah (Rahbek 1995). Pokles druhového bohatství se stoupající nadmořskou výškou je vysvětlován poklesem produktivity společně s nižšími teplotami a kratším vegetačním obdobím. Svůj podíl může mít také větší fyziologický stres spojený s extrémním počasím ve vysokých nadmořských výškách. Společenstva ve vyšších polohách také zabírají menší prostory než společenstva v nížinách ve stejné zeměpisné šířce (Townsend et al. 2010). Izolovanost vysokohorských společenstev je tedy větší než u nížinných a podle teorie MacArthura a Wilsona je možné, že efekt rozlohy a izolace může při poklesu počtu druhů se stoupající nadmořskou výškou hrát svojí roli.



Obr. č. 4: Gradient nadmořské výšky

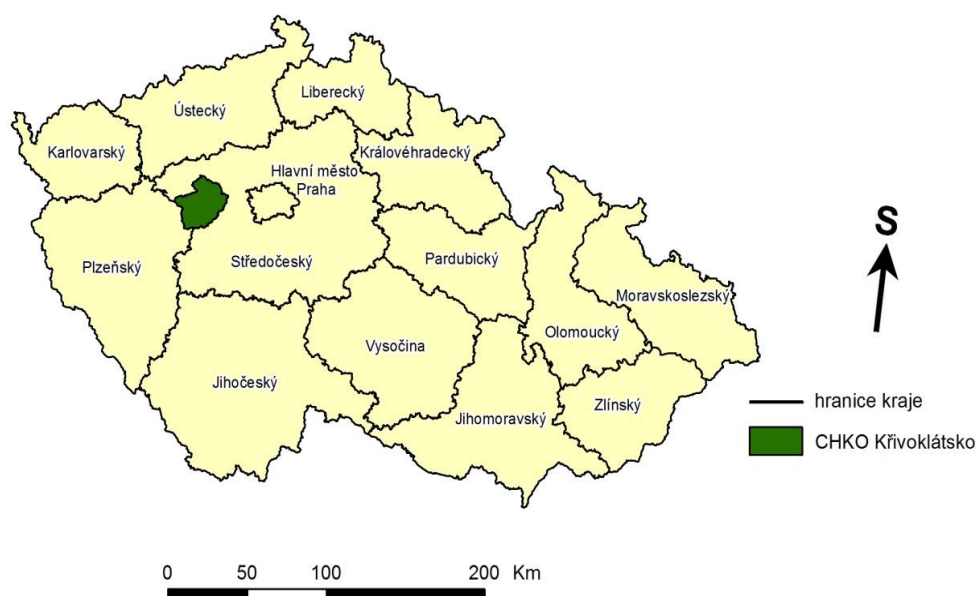
a) rozložení hnízdicích druhů ptáků v nepálských Himalájích, b) druhové bohatství rostlin v Sierra Manantlán v Mexiku, c) počet druhů mravenců v Lee Canyon v USA v Nevadě a d) kvetoucí rostliny v nepálských Himalájích. V případech a) a b) druhové bohatství klesá s nadmořskou výškou, v případě c) stoupá a v případě d) se jedná o unimodální trend

Zdroj: Townsend et al. 2010

4. Vymezení a stručná fyzicko-geografická charakteristika

CHKO Křivoklátska

Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko (Obr. č. 5) leží na západním okraji středních Čech mezi obcemi Rakovník na západě, Berounem na východě, Zbirohem na jihu a na severu dosahuje téměř k obci Nové Strašecí. Rozprostírá se téměř přes celý geomorfologický celek Křivoklátská vrchovina a severním cípem zasahuje do celku Plaská vrchovina (Balatka, Kalvoda 2006). 1. 3. 1977 byla oblast vyhlášena organizací UNESCO za biosférickou rezervaci v rámci programu Man and Biosphere (člověk a biosféra). Následně byla výnosem ministerstva kultury 24. 11. 1978 oblast vyhlášena jako CHKO Křivoklátsko.



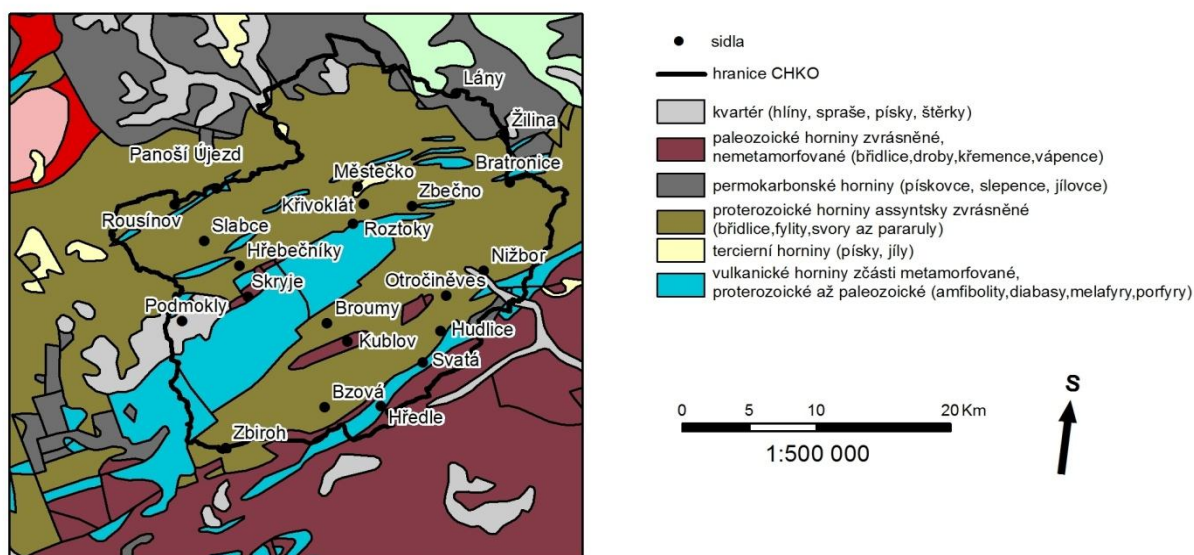
Obr. č. 5: Poloha CHKO v ČR
Zdroj: ArcČR

Rozloha chráněného území je 62 792 ha. V celém území je poměrně nízké osídlení. Nachází se zde 88 obcí a dalších 25 do něj zasahuje svým katastrem. Největším sídlem jsou Roztoky, obec čítající 1 061 obyvatel. Roztoky se nachází uprostřed CHKO a protéká jimi Berounka, páteř celé oblasti. CHKO je pokryto převážně lesy, které zaujímají 62 % území, což vysoce překračuje státní průměr. Je to zapříčiněno absencí osídlení v dávné minulosti, kdy kromě staršího a středního neolitu zde nebylo žádné osídlení (Kolbek et al. 1997). Ve středověku byly místní lesy chráněny, protože zdejší lesy byly oblíbeným místem pořádání lovů a honů českých králů a šlechty (Kolbek et al. 1997).

4.1. Geologie

Většinu území CHKO Křivoklátsko budují proterozoické a paleozoické horniny Barrandienu (Cháb, J. et al. 2007), pouze v severní části území u Lán, se nacházejí mezozoické horniny třetihor (Obr. č. 6). Z proterozoických hornin jsou zde nejvíce zastoupené břidlice a prachovce, místy můžeme nalézt buližníky a vulkanické paleobazalty, které jsou odolnější vůči zvětřování a vystupují nad okolní reliéf v podobě suků. V pásmu táhnoucím se od Zbečna na jihozápad až za hranice chráněné krajinné oblasti můžeme nalézt vulkanické horniny svrchnokambrického stáří.

Na jihovýchodní straně CHKO Křivoklátsko se nachází výběžek paleozoických zvrásněných nemetamorfovaných hornin. Tento pás je tvořen jednak sedimentárními horninami – břidlicemi, pískovci a droby, a jednak vulkanickými horninami – diabasy a jejich tufy. Terciární písky, štěrky a jíly nalezneme pouze lokálně poblíž obcí Křivoklát a Městečko. Místy se najdou také říční terasy pliocénního stáří (Kolbek et al. 1997).



Obr. č. 6: Geologická stavba CHKO Křivoklátsko
Zdroje: INSPIRE, ArcČR

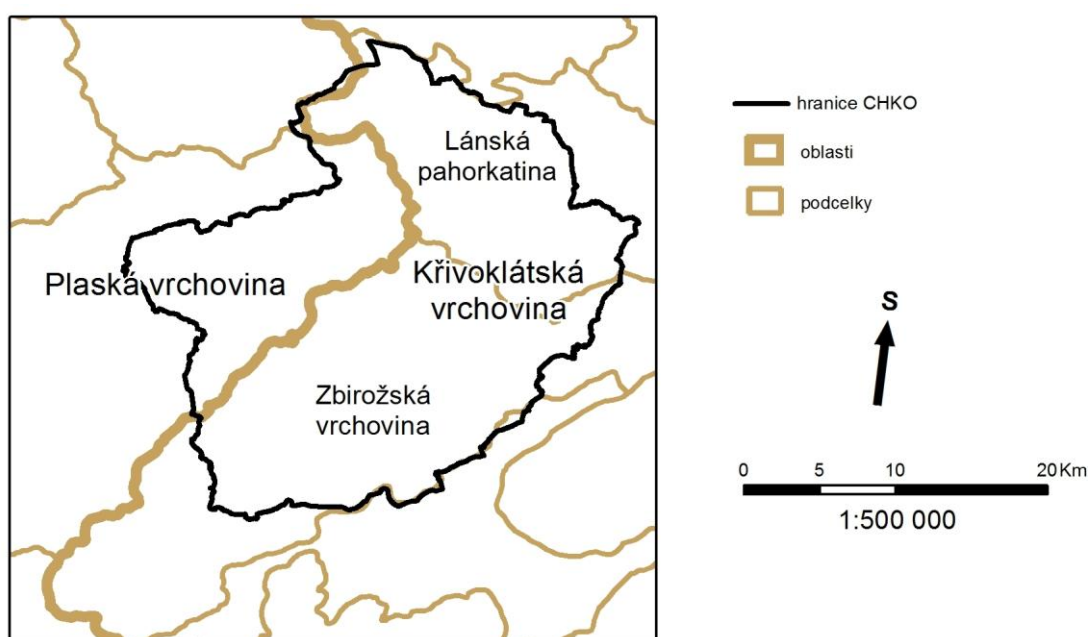
4.2. Geomorfologie

Podle nového geomorfologického členění (Balatka, Kalvoda 2006), se téměř celé CHKO nachází v Křivoklátské vrchovině, pouze malá část se nachází v severní části Plaské vrchoviny (Obr. č. 7). Křivoklátská vrchovina se dělí na dva podcelky, Zbirožskou vrchovinu a Lánskou pahorkatinu.

Zbirožská vrchovina se rozkládá převážně na pravém břehu řeky Berounky s nejvyšším vrcholem Těchovín (616 m), který je také zároveň nejvyšším vrcholem

Křivoklátska. Největší výškové rozdíly a nejčlenitější terén jsou situovány v bezprostředním okolí Berounky. Jedná se zde o výbornou ukázkou údolního fenoménu, který v rámci středočeských pahorkatin podmiňuje nejvyšší stanovištní i druhovou pestrost a vyznačuje se velmi bohatou faunou a florou (Ložek 2005). I dále na jih od řeky Berounky a hluboce zařízlých údolí potoků lze nalézt díky geologické stavbě pestře utvořený povrch.

Na sever od řeky Berounky se rozkládá Lánská pahorkatina. Nachází se zde rozsáhlé denudační plošiny a mírné svahy s průměrnou nadmořskou výškou 400 m. Větší členitost reliéfu je pouze v blízkosti Klíčavy a Vůznice, které modelovaly zdejší reliéf (Friedl & Kárník 1986).



Obr. č. 7: Geomorfologická struktura CHKO Křivoklátsko
Zdroje: INSPIRE, ArcČR

4.3. Hydrologie

Středem CHKO Křivoklátsko protéká řeka Berounka, která zde je zároveň největším vodním tokem. Průměrný průtok u ústí do Vltavy dosahuje 36 m³/s (Štefáček 2008). Řeka Berounka se však vyznačuje výraznou variabilitou průtoku v průběhu roku. Kolísání vodní hladiny má velký vliv na charakter okolí toku a pobřežní vegetaci.

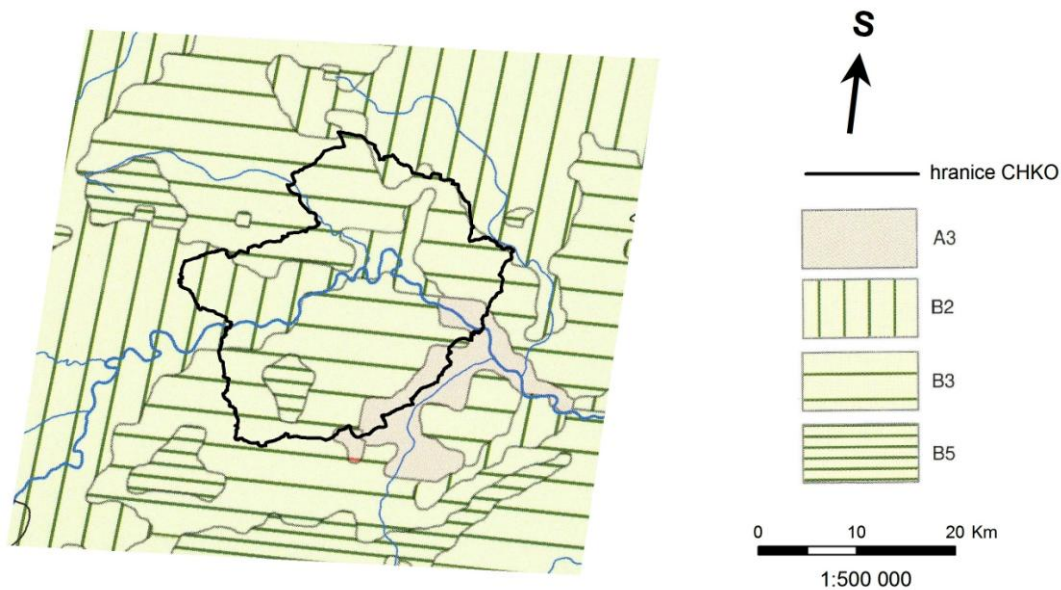
Nejvýznamnější levostranné přítoky Berounky v CHKO Křivoklátsko jsou Javornice, Rakovnický potok a Klíčava. Na Klíčavě se nachází přehradní akumulční nádrž Klíčava zadržující 7 927 000 m³ vody.

Z pravostranných přítoků jsou významné svojí velikostí Zbirožský potok, Úpořský potok, Klucná a Habrový potok. Z ostatních hydrologických útvarů se na území CHKO Křivoklátsko nachází 278 rybníků a vodních nádrží, 15 slepých a mrtvých ramen vodních toků a 11 zatopených lomů, pískoven a dalších těžebních míst (Rydlo 1992).

4.4. Klima

CHKO Křivoklátsko patří do mírně teplé a mírně suché klimatické oblasti M 11, která je charakterizována jako mírně teplá s lednovou teplotou do -3°C , s ročním množstvím srážek kolem 600 mm. Většina srážek připadá na vegetační období (350 - 400 mm) (Quitt 1971) (Obr. č. 8). Podle Atlasu podnebí Česka se tato klimatická oblast dále člení na okrsky, z nichž se v rámci CHKO nacházejí čtyři klimatické okrsky. Okrsek A3 je teplý, mírně suchý s mírnou zimou, průměrná lednová teplota je vyšší než -3°C . Srážky zde mají roční průměr 400 mm. B2 je mírně teplý, mírně suchý okrsek s převážně mírnou zimou s lednovou teplotou nad -3°C , průměrnou roční teplotou mírně nad 8°C a se srážkami kolem 500 mm. Okrsek B3 je mírně teplý, mírně vlhký s mírnou zimou, pahorkatinový s lednovou teplotou nad -3°C a nadmořskou výškou do 500 m. Průměrná teplota se pohybuje mezi $7-8^{\circ}\text{C}$, množství srážek se pohybuje kolem 550 mm za rok. Okrsek B5 je mírně teplý, mírně vlhký, vrchovinný s nadmořskou výškou do 1000 m, srážky dosahují 600 mm ročně a v nejvyšších polohách průměrná roční teplota klesá pod 7°C .

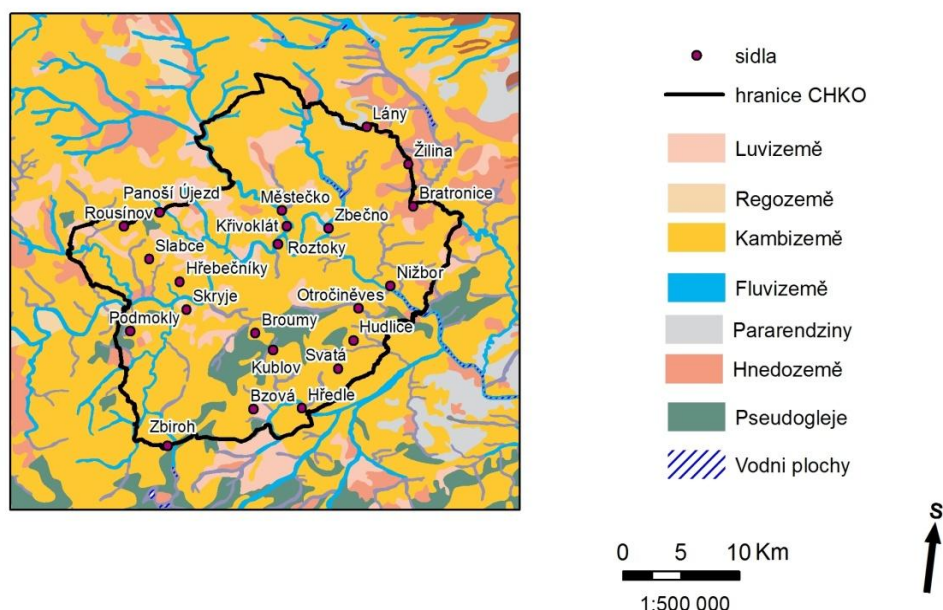
Lokálně je klima modifikováno reliéfem. Velký vliv na mezo- a mikroklima má výrazně zařízlé údolí řeky Berounky, ve kterém se projevuje inverzní fenomén, kdy je u dna údolí chladněji než na jeho svazích (Kolbek et al. 1997).



Obr. č. 8: Klimatické regiony CHKO Křivoklátsko
Zdroje: Atlas podnebí Česka, ArcČR

4.5. Půdy

Podle pedologické mapy (INSPIRE) na většině území CHKO Křivoklátsko dominují kambizemě (Obr. č. 9). Na proterozoických břidlicích na plošinách a mírných svazích je kambizem velmi uléhavá a špatně provzdušněná. Dalším významným typem půdy je pseudoglej, který se nachází v okolí obcí Kublov a Broumy. Na hranicích území, zejména u Žiliny a Bratronic, se nachází hnědozem, která se vytvořila v rovinatém či mírně zvlněném reliéfu ze spraší, prachovic nebo polygenetických půd (Elektronický klasifikační systém půd ČR). Lokálně se pak nacházejí luvizemě, které vznikly na polygenetických půdách a prachovicových sedimentech na rovinách a v mírně zvlněném terénu. Na horninách obohacených o CaCO_3 se vyskytují pararendziny. Podél vodních toků se nacházejí fluvizemě, zejména v nivě řeky Berounky. Posledním typem půd jsou regozemě, které se vyskytují pouze ojediněle na říčních terasách.



Obr. č. 9: Půdy v CHKO Křivoklátsko
Zdroj: INSPIRE, ArcČR

4.6. Vegetace

Vegetace Křivoklátska je velmi pestrá a bohatá. Vysoká diverzita společenstev a druhů rostlin je důsledkem velkého výběru rozdílných ekologických podmínek. Na mnoha místech dosud existují zachovalé přirozené a polopřirozené porosty s málo narušeným druhovým složením. Bohatost vegetace dokládá i fakt, že na území CHKO byla zjištěna rostlinná společenstva dosud na území ČR neregistrovaná (Kolbek 1985).

Území Křivoklátska bylo v historické době málo osídlené, patřilo českému králi a sloužilo převážně jako honební revír. Díky tomu je pokrytí lesa na tomto území 62 %, což vysoce převyšuje státní průměr pro pahorkatiny a vrchoviny. Na území dnešní chráněné oblasti se nachází na mnoha místech lesy v přirozených formách, neboť se zde často pořádaly honitby a nakládání s lesy bylo pečlivě hlídáno. Nejzachovalejší jsou lesy na příkrých svazích Berounky a jejích přítocích a také různé velké plochy hospodářských listnatých porostů v mírně zvlněné krajině (Kolbek & Petříček 1989 in Kolbek et al. 1997). Přirozené lesní porosty jsou zachovány například na pravobřežních svazích řeky Berounky u Skryjí a v okolí Zbirožského a Úpořského potoka.

Převažujícími druhy stromů v lesích v nižších polohách chráněného území jsou dubohabřiny svazu *Carpinion*. Ve vyšších polohách nebo na severnějších expozicích jsou nahrazeny společenstvy bučin svazu *Fagion*, respektive na kyselejších substrátech svazem *Luzulo – Fagion* (Moravec 1990). V současnosti lze rekonstruovat

na několika místech jedliny, které byly zřejmě dříve rozšířené hojně na území Křivoklátska (Husová 1990). Lužní lesy se moc nedochovaly, zejména kvůli přeměně nivy řeky Berounky na louky a ornou půdu. Nicméně v okolí pramenišť a podmáčených poloh v blízkosti potoků jsou k nalezení bažinné olšiny.

Ze sekundárních porostů dřevin se na území nachází staré porosty poměrně stálé s trnovníkem akátem (*Robinia pseudacacia*). Z kulturních lesů bychom zde našli smrčiny, modřínové kulticenózy, borovici lesní a v jižní a jihovýchodní části území borovici černou (Kolbek et al. 1997).

„Na lesní vegetaci organicky navazují společenstva křovin“ (Kolbek et al. 1997). V CHKO bylo zjištěno 9 asociací z celkem 15 uvažovaných na území ČR, diverzita této vegetace je tedy vysoká (Sádlo 1990). Společenstva s dřínem obecným (*Cornus mas*), třešní křovinnou (*Cerasus fruticosa*), skalníkem obecným (*Cotoneaster integerrimus*), jeřábem mukem (*Sorbus aria*), růží galskou (*Rosa gallica*), růží vinnou (*Rosa rubiginosa*) a společenstvo s rybízem alpským (*Ribes alpinum*) a tisem červeným (*Taxus baccata*) je nutno chránit (Kolbek et al. 1997).

Primární xerofilní travinobylinná vegetace je zastupována xerothermními společenstvy kyselých a bazaltických skal ze svazů *Festucion valesiacae*, *Alyssso-Festucion pallentis*, *Seslerio-Festucion glaucae*, *Koelerio-Phleion phleoidis* a vzácněji i *Bromion erecti* (Kolbek et al. 1997). Hojné jsou také druhově bohaté lemy teplomilných lesů svazu *Geranion sanguinei*, naopak lemy mezofilních lesů svazu *Trifolion medii* jsou vzácnější. Z rostlinných společenstev skalních štěrbin je zde významná asociace *Woodsia ilvensis* – *Asplenium septentrionalis*.

Luční vegetace chráněného území je také velmi zachovalá, nicméně na tomto typu pokryvu se odrazila intenzifikace v zemědělství (Blažková 1990). Společenstva vysokých ostřic a porosty podél toků jsou vyvinuta jako lemy toků či podmáčené fragmenty v loukách. Četnější jsou eutrofní vysokostébelné vlhké až mokré louky, které je ovšem potřeba velmi pečlivě chránit. Podél Berounky a jejich větších přítocích jsou vyvinuté louky, které jsou vlhké, občas zaplavované či přemokřené a obsahují svaz *Alopecurion pratensis*. Mezofytní, nepodmáčené louky svazu *Arrhenatherion* jsou druhově velmi bohaté porosty s mnoha chráněnými a ohroženými druhy z období předintenzivního zemědělství (Kolbek et al. 1997).

5. Metodika zpracování dat

Pro analýzu vlivu diverzity abiotických podmínek na diverzitu cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko jsem použil rozdělení území, které bylo použito při síťovém mapování cévnatých rostlin. Tuto síť jsem převzal z publikace Potencionální přirozená vegetace biosférické rezervace Křivoklátsko. Velikost jednotlivých čtverců v území je 1 km². Výskyt každého druhu je zaznamenán v samostatné síti čtverců, do kterých je CHKO rozděleno. Tato data jsem z papírové podoby manuálně převedl do geodatabáze pomocí ArcGIS, aby se s nimi mohlo dále pracovat. Celkový počet převedených bodů byl 150 871. Z databáze pak byla vyjádřena diverzita rostlin pro každý čtverec sítě.

Pro analýzu povrchu jsem použil digitální model reliéfu s rozlišením 25 metrů (DEM 25). Z tohoto modelu jsem dále vytvořil model sklonitosti a orientace svahů vůči světovým stranám v CHKO Křivoklátsko pomocí nástrojů v ArcGIS. Z digitálního modelu reliéfu jsem pro každý čtverec v CHKO spočetl průměrnou nadmořskou výšku a směrodatnou odchylku pomocí nástroje Zonal statistics v ArcGIS. U orientace svahů vůči světovým stranám jsem pro každý čtverec vyjádřil počet směrů, do kterých je reliéf v jednotlivých čtvercích orientován. Každá světová strana i prostor mezi ní dostal jedinečnou hodnotu, stejně tak jako rovina. Vzniklo tedy 9 druhů orientace – sever, severovýchod, východ, jihovýchod, jih, jihozápad, západ, severozápad a rovina. Pro sklonitost jsem opět pomocí nástroje Zonal statistics spočetl průměrnou sklonitost pro jednotlivé čtverce. Takto spočtená data jsem umístil do tabulky a pomocí MS Excel jsem tato data vyjádřil do grafu jednotlivých závislostí, které budou popsány v následující kapitole.

S orientací svahů vůči světovým stranám bylo zacházeno jako s kategoriální proměnnou, proto byla závislost počtu druhů na počtu různých kategorií orientace ve čtvercích testována analýzou variance, pomocí softwaru NCSS.

Pro obrázky zobrazující mapy Křivoklátska s jednotlivými fyzicko-geografickými faktory jsem použil data z národního geoportálu INSPIRE, pod který byla přesunuta data CENIE. Díky tomu nešlo omezit zobrazení vymezených charakteristik přesně na chráněné území, neboť přístup k těmto informacím je pouze online a je nemožné s nimi jakkoliv manipulovat, lze je pouze zobrazit.

Obce a vodní toky jsou převzaty z databáze ArcČR.

6. Výsledky

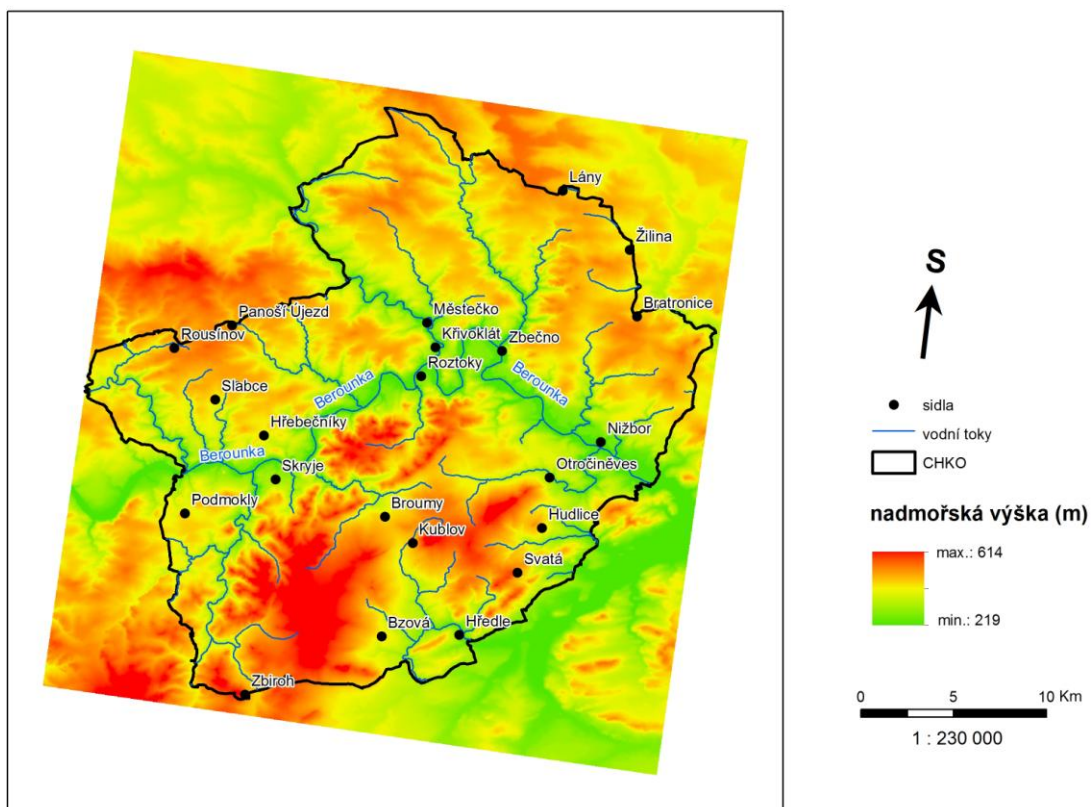
V České republice se nachází 4 994 cévnatých rostlin (Botanický ústav), v CHKO Křivoklátsko se jich nachází 1 543 (Tab..č. 1). Takovéto množství druhů na relativně malém území v porovnání s Českou republikou je velmi výmluvné a značí, že diverzita v chráněné oblasti je poměrně vysoká, jako i samotný počet druhů. V Křivoklátsku převládají lesní druhy, časté jsou také druhy luční a výrazné jsou také termofyty.

průměrný počet druhů na 1 km ²	minimální počet druhů na 1 km ²	maximální počet druhů na 1 km ²	celkový počet druhů
276	128	586	1 543

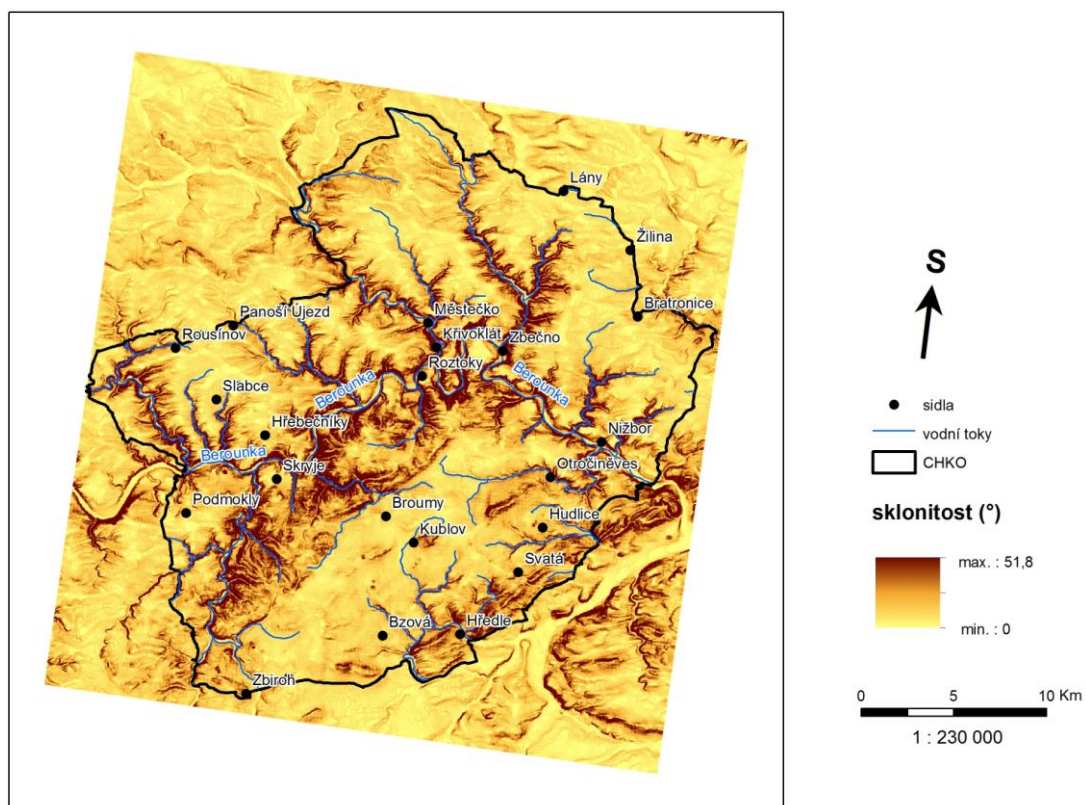
Tab. č. 1: Cévnaté rostliny v CHKO Křivoklátsko

Z digitálního modelu reliéfu (Obr. č. 10) je zřetelně vidět charakter reliéfu. Největší nadmořské výšky se nacházejí na jihu v prostoru mezi obcemi Zbiroh a Broumy. Další dvě místa s vysokou nadmořskou výškou na poměry chráněné oblasti se nachází na jihovýchodě mezi obcemi Kublov a Svatá a poté v centrální oblasti Křivoklátska. Podél vodních toků se nachází nížiny, zejména podél Berounky v jejím zařízlém údolí.

Dalším použitým faktorem vysvětlujícím diverzitu rostlin byla průměrná sklonitost. Zde je patrné, že největší sklonitosti jsou podél vodních toků (Obr. č. 11). Díky tomu můžeme říci, že vodní toky jsou hluboce zařízlé v terénu. Tento případ se týká zejména Berounky, ale i některých jejích přítoků. V těchto údolích se pravděpodobně bude vyskytovat říční fenomén, který znatelně ovlivňuje diverzitu rostlin.

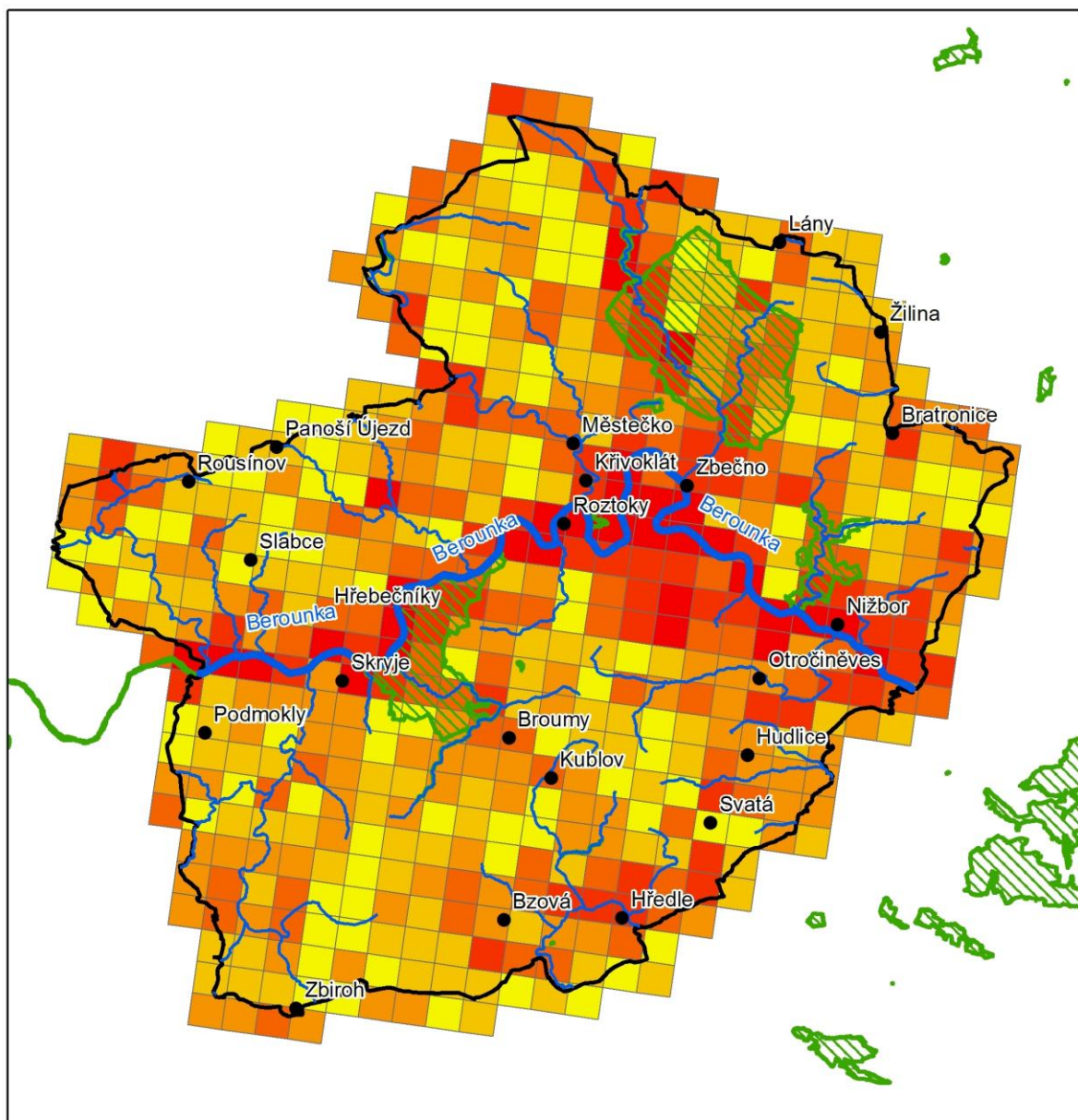


Obr. č. 10: Digitální model reliéfu v CHKO Křivoklátsko
Zdroje: DEM 25, ArcČR



Obr. č. 11: Sklonitost svahů v CHKO Křivoklátsko
Zdroje: DEM 25, ArcČR

Diverzita cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko je různá. Největší hodnoty diverzity jsou v okolí Berounky a jejích přítoků (Obr. č. 12). Zejména je to díky říčnímu fenoménu, který je zde vytvořen v hlubokých zařízlých údolích vodních toků (Obr. č. 11). V CHKO jsou 4 oblasti chráněné soustavou NATURA 2000. Nachází se u Roztok, mezi obcemi Skryje a Broumy, u Nižboru a mezi obcemi Lány a Zbečno. Tyto čtyři lokality se nachází v blízkosti vodních toků a mají velkou diverzitu rostlin (Obr. č. 12). Mimo soustavu NATURA 2000 jsou samozřejmě také místa s velkou diverzitou, nicméně nejsou nějak více chráněna než tím, že se nachází v chráněné krajinné oblasti, což samo o sobě představuje velký stupeň ochrany. Nejmenší diverzita se nachází ve vyšších nadmořských výškách, kde není tak pestrý reliéf.



- sídla
- vodní tok
- CHKO
- ▨ NATURA 2000 - Evropsky významné lokality

0 5 10 Km

1 : 210 000

počet druhů

128 - 193
194 - 245
246 - 295
296 - 354
355 - 435
436 - 586



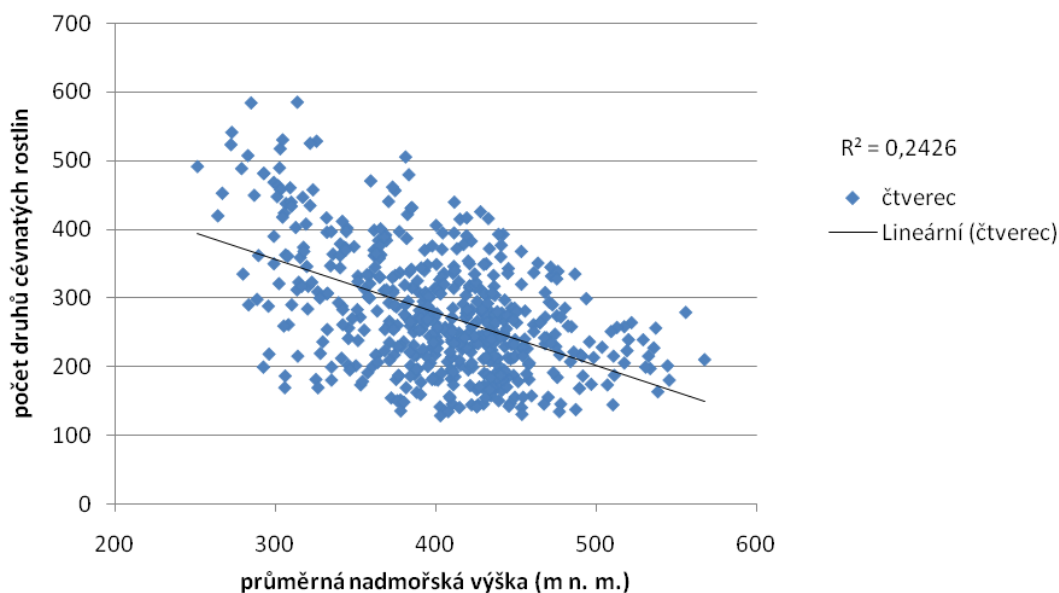
Obr. č. 12: Diverzita cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko

zdroje: Kolbek 1997, databáze ArcČR, INSPIRE

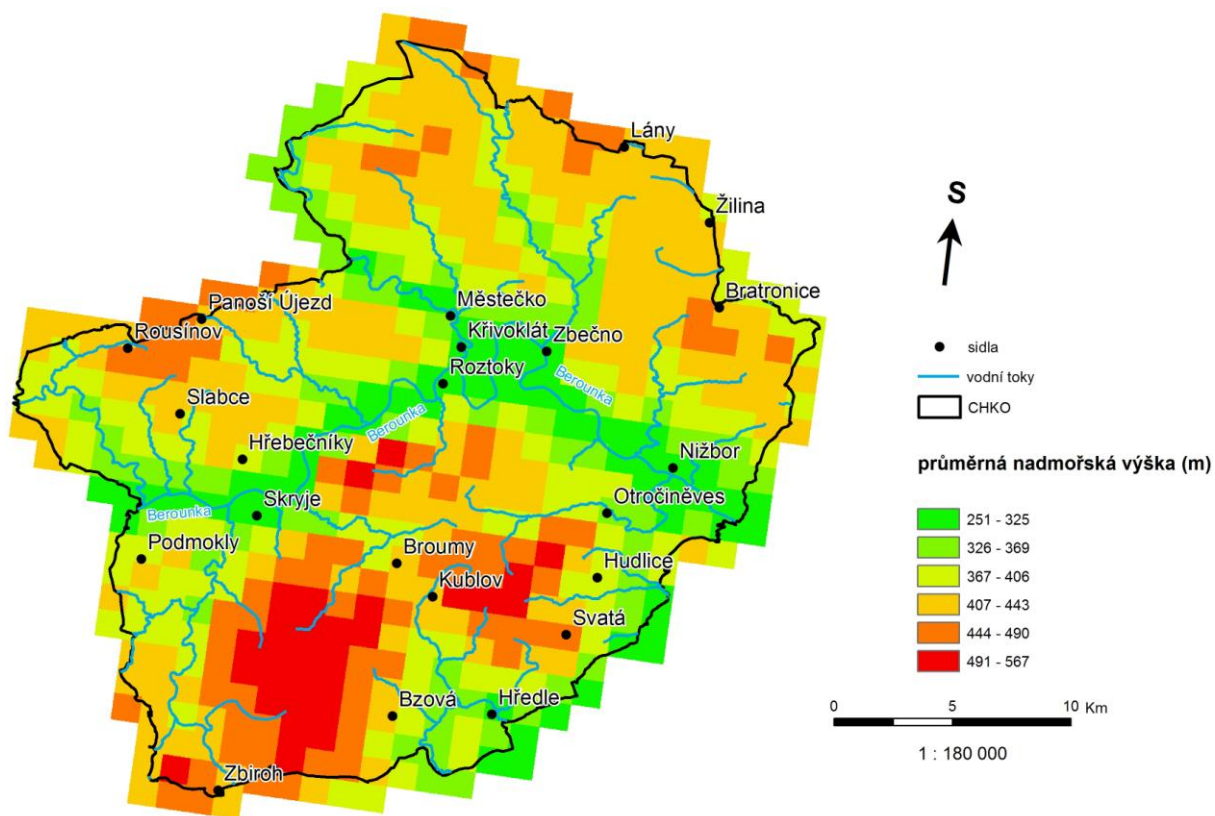
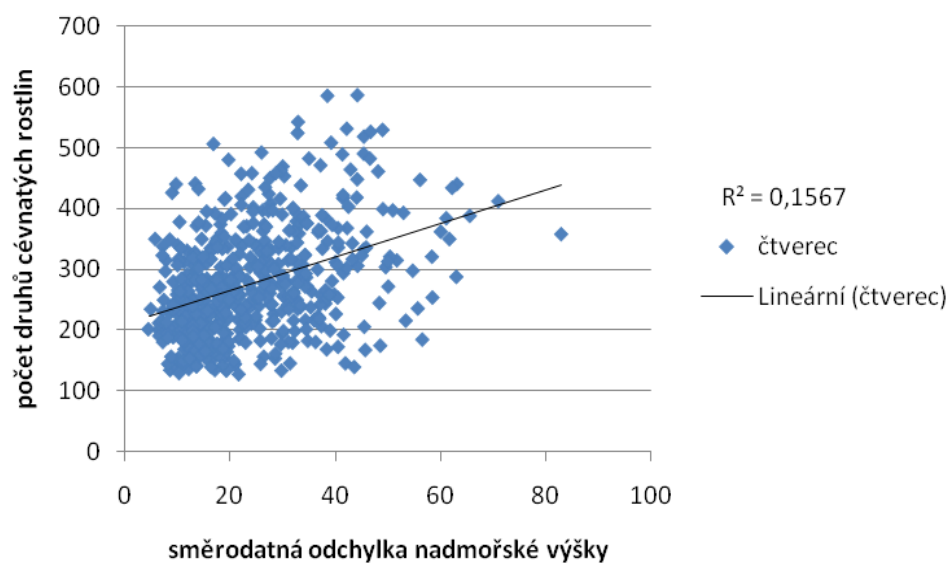
6.1. Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na nadmořské výšce v CHKO Křivoklátsko

Diverzita cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko podléhá vlivu mnoha faktorů. Jedním z nejvýznamnějších, které lze zároveň kvantifikovat pro celé území, je nadmořská výška. Velká variabilita v počtu druhů se nachází v nižších nadmořských výškách kolem 300 m n. m., kde se vyskytují oblasti s 200 druhy, ale nachází se zde i oblasti kde počet druhů dosahuje takřka 600. S rostoucí nadmořskou výškou se variabilita snižuje, a v oblastech s průměrnou výškou 550 metrů se nachází místa s 200 druhy (Graf č. 1). Když se podíváme na obrázek zachycující průměrné nadmořské výšky v jednotlivých čtvercích (Obr. č. 13), seznáme, že nejmenší průměrná výška je v údolí Berounky. To nám ukazuje místa, kde bychom měli hledat místa s největší diverzitou rostlin. Lineární regresní přímka proložená daty ukazuje klesající počet druhů s nadmořskou výškou s mírnou spolehlivostí $R^2 = 0,2426$. To značí, že pokles diverzity s nadmořskou výškou není silný vztah, nicméně je zaznamenatelný. Směrodatná odchylka u průměrné nadmořské výšky vypovídá o míře variability nadmořské výšky v jednotlivých čtvercích. Větší variabilita průměrné nadmořské výšky se velmi mírně projevuje na větším počtu cévnatých rostlin (Graf č. 2). To dokládá i míra spolehlivosti, která je 0,1567.

Graf č. 1: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na nadmořské výšce v CHKO Křivoklátsko



Graf č. 2: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na členitosti reliéfu vyjádřeném pomocí směrodatné odchylky nadmořské výšky.

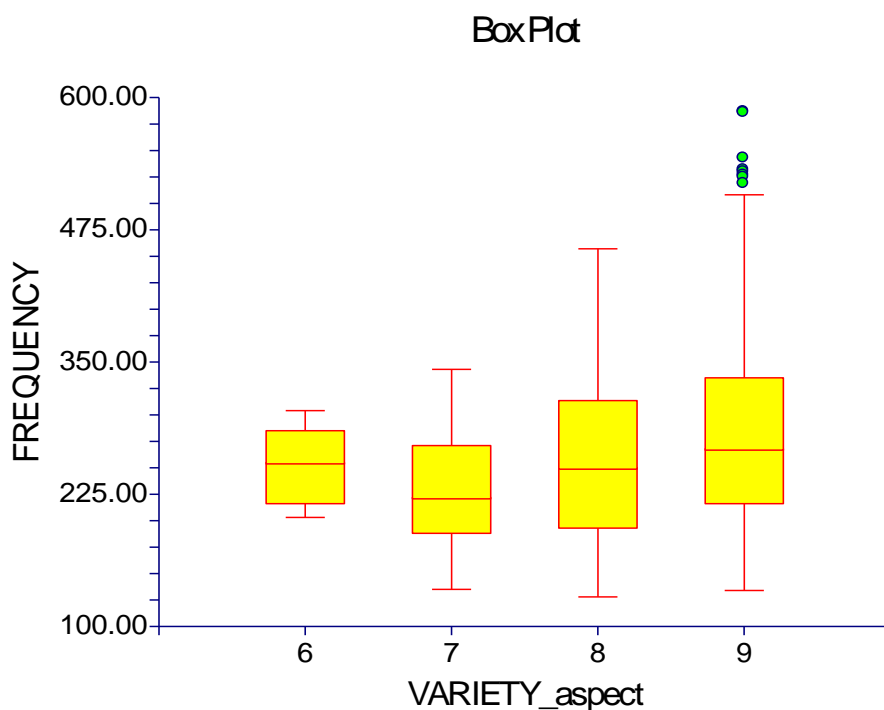


Obr. č. 13: Průměrná nadmořská výška ve čtvercích v CHKO Křivoklátsko
Zdroj: DEM 25, Kolbek 1997, ArcČR

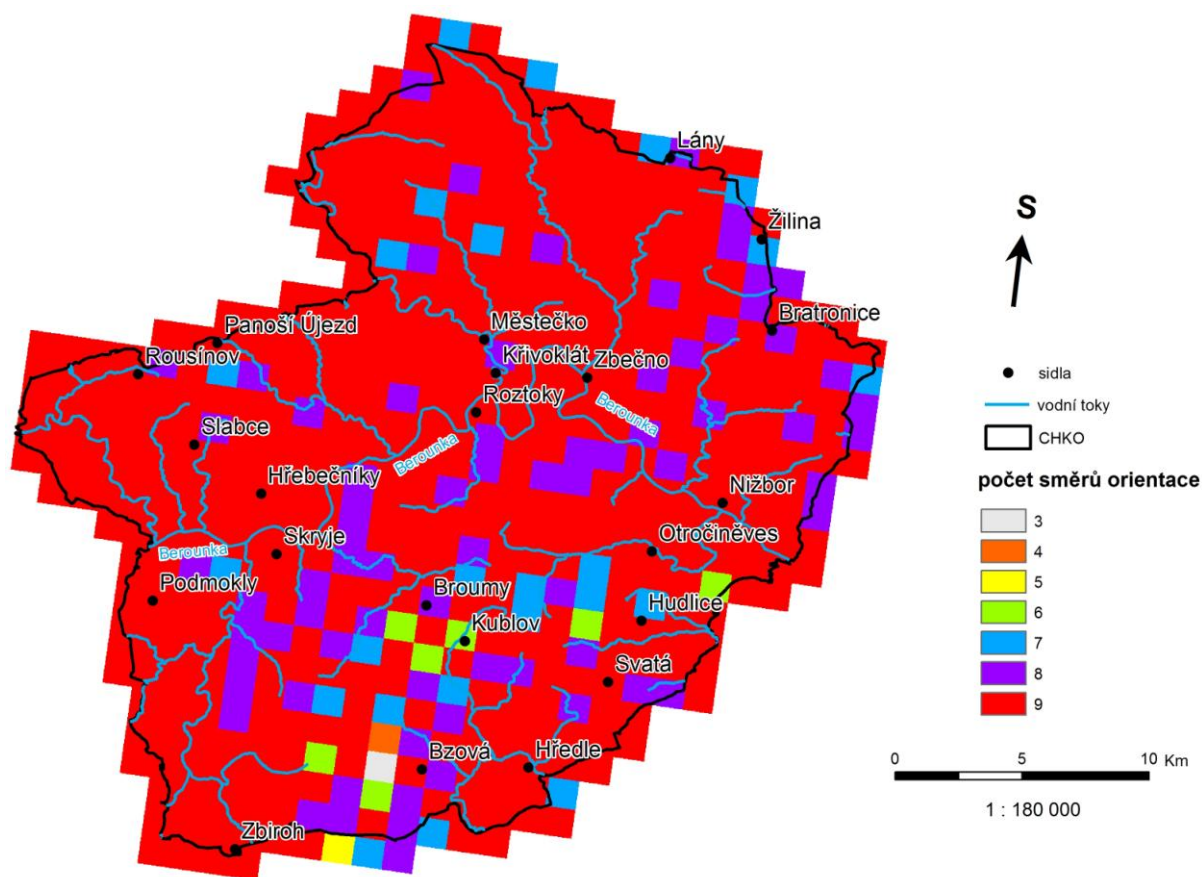
6.2. Vztah proměnlivosti orientace svahů a počtu druhů cévnatých rostlin v CHKO Křivoklátsko

Pro hodnocení počtu druhů cévnatých rostlin na proměnlivosti orientace svahů jsem použil analýzu variance (ANOVA). Čtverce jsem rozdělil do kategorií podle počtu různých kategorií orientace ke světovým stranám. Analýza ukázala, že mezi čtverci existují statisticky průkazné rozdíly ($P=0,002$). Čtverce, které mají zastoupeny všechny uvažované orientace, mají největší počet druhů. V grafu č. 3 nejsou uvedeny čtverce, ve kterých je zastoupení orientace 3, 4 a 5 světových stran, neboť jsou pro každou hodnotu zastoupeny v CHKO pouze jedním čtvercem.

Graf č. 3: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na proměnlivosti orientace svahů v CHKO Křivoklátsko



frequency = počet druhů cévnatých rostlin, variety aspect = počet směrů orientace ve čtverci



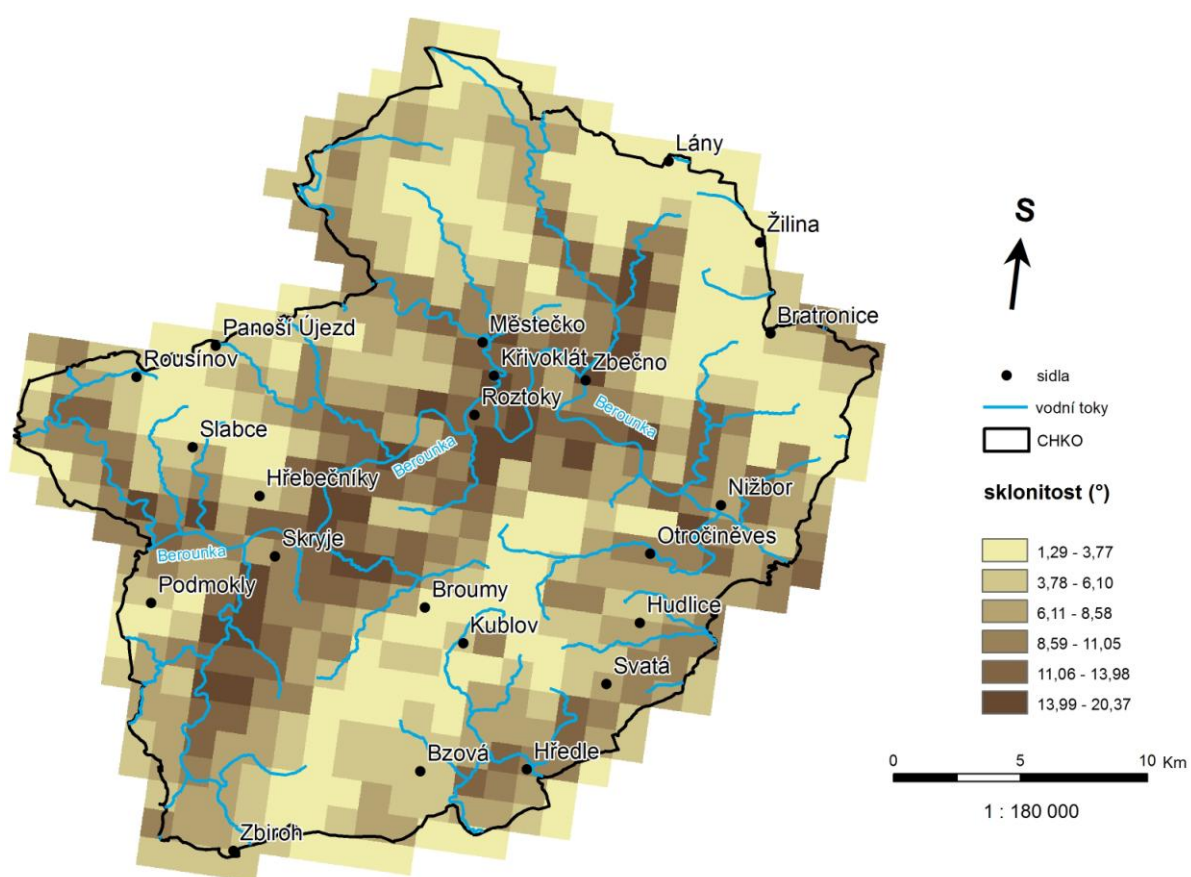
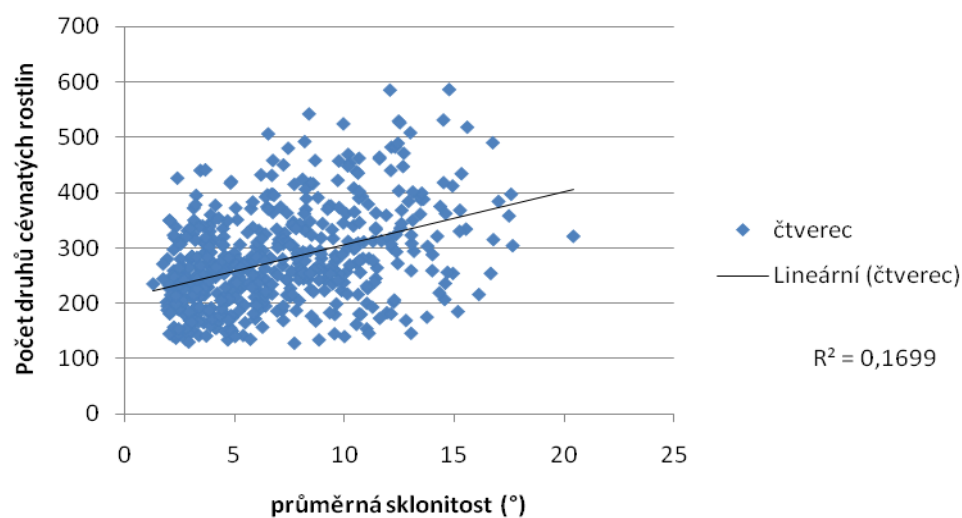
Obr. č. 14: Počet směrů orientace v CHKO Křivoklátsko
Zdroj: DEM 25, Kolbek 1997, ArcČR

6.3. Vliv sklonitosti na diverzitu cévnatých rostlin v CHKO

Křivoklátsko

Se zvyšující skloností reliéfu se mírně zvyšuje diverzita rostlin (Graf č. 4). Při sklonitosti do 10° se nachází větší část chráněného území a diverzita je zde vcelku průměrná i rozptýl čtverců s malou a vyšší diverzitou je celkem velký. Čtverce s nejvyšší diverzitou mají průměrnou sklonitost větší než 10° . Od této sklonitosti také mírně narůstá rozptýl mezi čtverci s malou diverzitou a velkou diverzitou. Při zvyšující se sklonitosti se také zvyšuje diverzita rostlin, což je podpořeno i regresní přímkou a mírou spolehlivosti, kdy R^2 je 0,1699. Je nutné říci, že tento vztah platí pouze do určité sklonitosti. V CHKO Křivoklátsko se nachází 1 oblast se sklonitostí větší než 20° , která nemá největší diverzitu. Průměrná sklonitost s průměrem mezi 10° a 20° zhruba kopíruje oblasti s největší diverzitou rostlin (Obr. č. 15). Lze tedy říci, že vliv sklonitosti na diverzitu existuje, ovšem není nejvýznamnější.

Graf č. 4: Závislost počtu druhů cévnatých rostlin na průměrné sklonitosti reliéfu v CHKO Křivoklátsko



Obr. č. 15: Průměrná sklonitost ve čtvercích v CHKO Křivoklátsko
Zdroj: DEM 25, Kolbek 1997, ArcČR

7. Diskuze

Z výsledků uvedených výše lze určit, které z teorie gradientů biodiverzity se v oblasti Křivoklátska uplatňují více a které méně. Podle teorie gradientu nadmořské výšky zde platí, že větší diverzita rostlin se nachází v nižších nadmořských polohách. V kombinaci s tímto gradientem se na fakt, že větší diverzita je právě v nižší nadmořské výšce, podílí výrazně také říční fenomén, který je podle Ložka (1988) v údolí Berounky plně vyvinutý. V hluboce zařízlém údolí řeky Berounky a i dalších hlubokých údolích potoků v této oblasti se vyskytuje mnoho jevů, které se na okolní plošině nenachází (Ložek 1988). Díky hluboce zařízlým údolím a meandrům se zde vytváří teplotní inverze. Nachází se zde velké množství svahů s různou expozicí a sklonitostí s velkými mikroklimatickými změnami. Z hlediska vegetace zde dochází k setkávání teplomilných a chladnomilných druhů. Hluboká údolí se často uplatňují také jako migrační cesta.

Z analýzy ANOVA vyplývá, že mezi čtverci lišícími se proměnlivostí orientace svahů existují průkazné rozdíly v počtu druhů. Čtverce, které mají zastoupen větší počet uvažovaných kategorií orientace mají zároveň větší diverzitu druhů.

Diverzita je ovlivněna rovněž sklonitostí. V oblastech s průměrnou sklonitostí kolem 15° je diverzita rostlin největší. Podle Zeleného (2008), je největší vliv sklonitosti svahu na diverzitu vegetace v jeho střední části, naopak v zastíněné bázi svahu je tento vliv minimalizován.

Ve své doktorandské práci Zelený (2008) studoval vliv říčního fenoménu na vegetaci v údolí Vltavy v jižních Čechách a v údolí Dyje na jižní Moravě. Dospěl k závěru, že nejlepší vysvětlení pro druhové složení v údolí Vltavy zahrnuje kombinaci těchto faktorů: orientace svahu, půdní pH, přítomnost fluvizemě a hloubka půdy. U řeky Dyje se projevují podobné faktory jako u Vltavy, nicméně hloubka půdy je zde nahrazena faktorem přítomnosti kambizemě. Orientace svahu má největší vliv na vegetaci nejvíce v jeho střední části. Jeho výsledky z obou zkoumaných údolí ukazují značkou shodu ve vztahu mezi vegetací a přírodními podmínkami v obou údolích, což ukazuje na možnost aplikovat tyto znalosti na další hluboká údolí v Českém masivu. Je možné tedy říci, že diverzita v údolí Berounky je vysoká díky říčnímu fenoménu, který shrnuje výše uvedené abiotické vlivy a tvoří tak pestrost vegetace v této části chráněného území Křivoklátska.

8. Závěr

V chráněné krajinné oblasti Křivoklátsko působí mnoho abiotických činitelů na celkovou diverzitu cévnatých rostlin. Nejvýrazněji se projevuje proměnlivost nadmořské výšky, tvar reliéfu a říční fenomén. Druhovou bohatost rostlin ovlivnil jistě také fakt, že v historické době byly oblasti dnešního Křivoklátska chráněny a byl do nich omezen přístup. To vše díky zálibě českých králů a jejich družiny středověké šlechty v pořádání lovů a honů v tomto prostoru. Díky tomu zůstávaly lesy téměř nedotčené lidskou činností a zůstávají velmi bohaté. V současné době se tento historický stav věci projevuje zejména malým počtem sídel v oblasti a naopak velkým množstvím lesů. Přírodní podmínky v CHKO Křivoklátsko jsou velmi pestré a společně tvoří jedinečný charakter území. Pro diverzitu jsou určující přírodní podmínky, jako je typ půd, klimatické podmínky, geologická stavba, a zejména tvary reliéfu. Nejvýznamnější vliv na diverzitu rostlin ze sledovaných faktorů má nadmořská výška. Diverzita orientace a sklonitosti svahů mají statisticky vzato menší vliv, nicméně i tento vliv je patrný. Z ekofenoménů se nejvýrazněji projevuje fenomén říční. Důvodem toho jsou hluboká údolí nejen řeky Berounky, ale i některých jejích přítoků. Tento tvar reliéfu tvoří charakteristické podmínky pro výskyt vegetace, která je specifická a odlišná od okolního porostu.

Seznam použité literatury:

Australian Natural Heritage Charter 1997

BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Kartografie Praha, 79 s.

BARGER, N.N., HERRICK, J.E., Van ZEE, J., BELNAP, J., (2006): *Impacts of biological soil crust disturbance and composition on C and N loss from water erosion*. Biogeochemistry 77, s. 247–263.

BLAŽKOVÁ, D. (1990): *Luční vegetace CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 91 – 98

BURNET, M. R., AUGUST, P. V., BROWN Jr., J. H., KILLINGBECK, K. T. (1998): *The Influence of Geomorphological Heterogeneity on Biodiversity. I. A Patch-Scale Perspective*. Conservation Biology. Volume 12, No. 2, s. 363 – 370

CONNEL, J., H. (1978): *Diversity in tropical rainforest and coral reefs*. Science, 199, s. 1302 – 1310.

FIELD, R., HAWKINS, B. A., CORNELL, H. W., CURRIE, D. J., DINIZ-FILHO, J. A. F., GUÉGAN, J. F., KAUFMAN, D. M., KERR, J. T., MITTELBACH, G. G., OBERDORFF, T., O'BRIEN, E. M., TURNER, J. R. G. (2009): *Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis*. Journal of Biogeography 36, s. 132 – 147

FRIEDL, K. a KÁRNÍK, Z. (1986): *Přírodou a památkami středních Čech*. Praha, 176 s.

GRAY, M. (2004): *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Wiley, Chichester. s. 283-287

GRAY, M. (2008): *Geodiversity: developing the paradigm*. Proceedings of the Geologists' Association, 119, s. 287-298

HUSOVÁ, M. (1990): *Smíšené jedliny Křivoklátska*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 108 – 114

CHÁB, J., STRÁNÍK, Z., ELIÁŠ, M. (2007): *Geologická mapa České republiky 1 : 500 000*. Česká geologická služba, Praha.

CHOWN, S., L., GASTON, K., J. (2000): *Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness*. TREE vol. 15, no. 8, s. 311-315

JENÍK, J. (1961): *Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického sněžníku a hrubého Jeseníku*. nakladatelství ČSAV, Praha, 409 s.

KLIKA, J. (1948): *Rostlinná sociologie*. Melantrich, Praha, 380 s.

KOLBEK, J. (1985): *Málo známá rostlinná společenstva CHKO Křivoklátsko*. Preslia, Praha, 57: 151 – 169.

KOLBEK, J., BLAŽKOVÁ, D., HUSOVÁ, M., MORAVEC, J., NEUHÄUSELOVÁ, Z., & SÁDLO, J. (1997). *Potential natural vegetation of the Biosphere Reserve Křivoklátsko*. Academia, Praha, 234 s.

KREFT, H., JETZ W. 2007. *Global patterns and determinations of vascular plant diversity*. PNAS, vol. 104, no. 14, s. 5925 – 5930

KUČERA, T., ŠPRYNAŘ, P. (1996): *Flóra a vegetace Kokořínského dolu*. Příroda, Praha, 7: s. 181-235

KUČERA, T. (1997): *Vliv reliéfu na diverzitu vegetace*. Dizertační práce, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecké fakulta, Katedra botaniky

LANGHAMS, T., M., STORM, C., SCHWABE, A. (2010): *Regeneration processes of biological soil crusts, macro-cryptogams and vascular plant species after fine-scale disturbance in a temperate region: Recolonization or successional replacement?* Flora 205, s. 46 – 60

LOŽEK, V. (1988): *Říční fenomén a přehrady*. Vesmír 67, s. 318-326

LOŽEK, V. (2000): *Biodiverzita, ekofenomény a geodiverzita*. Vesmír 79, s. 97

LOŽEK, V. (2005): *Střední Čechy, Chráněná území ČR*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 902 s.

MACARTHUR, J. W. (1975): *Environmental fluctuations and species diversity*. In: Ecology and Evolution of Communities (M. L. Cody & J. M. Diamond, eds) Belknap, Cambridge, MA, s. 74-80

MACARTHUR, R. H., WILSON, E. O. (1967): *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 203 s.

MACARTHUR, R. H. (1972): *Geographical Ecology*. Harper and Row, New York.

MORAVEC, J. (1990): *Bučiny CHKO Křivoklátsko*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 78 – 85

- MORAVEC, J. et al. (1994): *Fytocenologie*. Academia, Praha, 403 s.
- MUTKE, J. & BARTHOLTT, W. (2005): *Patterns of vascular plant diversity at continental to global scales*. Biol. Skr. 55: s. 521-531
- NICHOLS, W. F., KILLINGBECK K. T., AUGUST, P. V. (1998): *The Influence of Geomorphological Heterogeneity on Biodiversity. II. A Landscape Perspective*. Conservation Biology. Volume 12, No. 2, s. 371 – 379
- PÄRTEL, M., HELM, A., INGERPUU, N., REIER, Ü., TUUVI, E. (2004): *Conservation of Northern European plant diversity: the correspondence with soil pH*. Biological conservation 120, s. 525 – 531
- PRACH, K., ŠTĚCH, M., ŘÍHA, P. (2009): *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. Nakladatelství Scientia, Praha, 150 s.
- QUITT, E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Brno, Geografický ústav ČSAV, 82 s.
- RAHBEEK, C. (1995): *The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?* Ecography, 18, s. 200-205.
- RYDLO, J. (1992): *Vodní makrofyta rybníků a tůní na Křivoklátsku*. Muz. a Souč., Rostoky, Ser. Natur. 6: s. 109-178
- SÁDLO, J. (1990): *Křovinná společenstva Křivoklátska*. In: Rivola, M. et al., *Současný stav a cíle botanického výzkumu CHKO Křivoklátsko*. Praha, s. 89 – 90
- SHARPLES, C. (1993): *A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes*. Hobart, Tasmania: Forestry Commission
- SOUSA, M., E. (1979): *Experimental investigation of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community*. Ecological Monographs, 49, s. 227 – 254.
- STEBBINS, G., L. (1974): *Flowering Plants: Evolution Above the Species Level*, Belknap Press, Cambridge, Massachusetts, USA
- ŠTEFÁČEK, S. (2008): *Encyklopedie vodních toků Čech, Moravy a Slezka*. Baset, Praha, 743 s.

TOLASZ, R. et. al. (2007): *Atlas podnebí Česka*. Praha, ČHMÚ. 255s

TOWNSEND, C. R., BEGON, M., HARPER, J. L. (2010): *Základy ekologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 505 s.

TREWIN, N., H. (2001): *Scotland's foundations: our geological inheritance*. In (Gordon, J.E. & Leys, K.F.; eds) *Earth Science and the Natural Heritage*. Stationery Office, Edinburgh, s. 59-67.

VYSOUDIL, M. (2006): *Meteorologie a klimatologie*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 281 s.

WARD, P. D. & BROWNLEE, D. (2000): *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*. Copernicus Books, New York, 368 s.

WEBBER, M., CHRISTIE, M. & GLASSER, N. (2006): *The Social and Economic Value of the UK's Geodiversity*. English Nature Research Report, 709. English Nature, Peterborough, 1-122 s.

WHITTAKER, R. J., WILLIS, K. J., FIELD, R. (2003): *Climatic-energetic explanation of diversity: a macroscopic perspective*. In: *Macroecology: Concept and consequences* (Blackburn, T.M., Gaston, K. J.), s 107-129, Blackwell Publishing. Oxford

WRIGHT, S., KEELING, J., GILLMAN, L. (2006): *The road from Santa Rosalia: a faster tempo evolution in tropical climates*. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 103, s. 7718-7722.

ZELENÝ, D. (2008): *Patterns of vegetation diversity in deep river valleys of the Bohemian Massif*. Faculty of Science, Masaryk University, Brno

Elektronické zdroje:

Botanický ústav Akademie věd ČR, v.v.i.: <http://www.ibot.cas.cz> [cit. 9.5.2011]

Elektronický taxonomický klasifikační systém půd ČR:
<http://klasifikace.pedologie.czu.cz> [cit. 9. 5. 2011]

Národní geoportál INSPIRE: <http://geoportal.gov.cz> [cit. 9. 5. 2011]